

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE EDUCAÇÃO  
PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

PRÁTICAS DOCENTES NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA E  
CONTEMPORÂNEA: ENTRE TRADIÇÕES E INOVAÇÕES

TONY MARCIO GROCH

Curitiba  
2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE EDUCAÇÃO  
PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

PRÁTICAS DOCENTES NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA E  
CONTEMPORÂNEA: ENTRE TRADIÇÕES E INOVAÇÕES

TONY MARCIO GROCH

Dissertação apresentada como requisito  
parcial à obtenção do grau de Mestre em  
Educação, Curso de Pós-Graduação em  
Educação, Setor de Educação,  
Universidade Federal do Paraná.  
Orientadora: Prof. Dra. Ivanilda Higa

Curitiba  
2011

Catálogo na publicação  
Cristiane Rodrigues da Silva – CRB 9/1746  
Biblioteca de Ciências Humanas e Educação - UFPR

Groch, Tony Marcio

Práticas docentes no ensino de Física Moderna e Contemporânea: entre tradições e inovações / Tony Marcio Groch – Curitiba, 2011.  
193 f.

Orientadora: Profª Drª. Ivanilda Higa.

Dissertação (Mestrado em Educação) – Setor de Educação da Universidade Federal do Paraná.

1. Ensino de Física – dissertação. 2. Práticas de ensino – docente dissertação. 3. Física Moderna. I. Título.

CDD 378.17



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO



## PARECER

Defesa de Dissertação de **TONY MARCIO GROCH** para obtenção do Título de MESTRE EM EDUCAÇÃO. Os abaixo-assinados, DR<sup>a</sup>. IVANILDA HIGA, DR<sup>a</sup> MARIA BEATRIZ FAGUNDES e DR. NILSON MARCOS DIAS GARCIA, arguíram, nesta data, o candidato acima citado, o qual apresentou a seguinte Dissertação: **“PRÁTICAS DOCENTES NO ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: ENTRE TRADIÇÕES E INOVAÇÕES”**.

Procedida a arguição, segundo o Protocolo aprovado pelo Colegiado, a Banca é de Parecer que o candidata está apto ao Título de MESTRE EM EDUCAÇÃO, tendo merecido as apreciações abaixo:

BANCA	ASSINATURA	APRECIÇÃO
DR <sup>a</sup> . IVANILDA HIGA		Aprovado
DR <sup>a</sup> MARIA BEATRIZ FAGUNDES		Aprovado
DR. NILSON MARCOS DIAS GARCIA		aprovado

Curitiba, 26 de setembro de 2011.

Prof. Dr. Paulo Vinicius Baptista da Silva  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Educação

Prof. Dr. Paulo Vinicius Baptista da Silva  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Educação  
Nº 135428

A minha mãe Maria Groch, uma mulher guerreira.

## **AGRADECIMENTOS**

A minha orientadora Dra. Ivanilda Higa pela compreensão e apoio.

Aos professores do PPGE especialmente aos professores Dr. Nilson Marcos Dias Garcia, Dra. Odisséia Boaventura de Oliveira, Dra. Tânia Maria Figueiredo Braga Garcia.

Aos colegas de grupo de pesquisa pelas discussões e apoio: Caroline Dorada Pereira Portela, Cleiton Fabio da Roza, Neiva Samara Mendes Cavalcante e Rodrigo Braz Martins.

Aos vinte e cinco professores que gentilmente responderam ao questionário, aos seis professores que em meio às suas intensas atividades docentes, nos concederam as entrevistas e em especial ao professor P2 que além de, muito abertamente, ter nos concedido espaço para observarmos e gravarmos suas práticas docentes, ainda pacientemente nos concedeu uma segunda entrevista. É através da colaboração desses 25 professores que se fez possível esse trabalho de pesquisa.

Aos alunos que nos permitiram gentilmente acompanhá-los durante as práticas docentes.

À direção e à equipe pedagógica da escola que abriram espaço para esta pesquisa em seu estabelecimento de ensino.

Aos professores Dr. Nilson Marcos Dias Garcia e Dr. Sérgio Camargo pelas valiosas sugestões no exame de qualificação.

Ao professor Dr. Arandi Ginane Bezerra Junior pelos momentos de discussão sobre o Ensino de FMC durante o Programa de Desenvolvimento Educacional da SEED.

Ao meu professor de Física MsC. Reinaldo Francisco do Colégio Estadual Professor Gildo Aluísio Schuck, de Laranjeiras do Sul, que me fez querer ser professor de Física.

**"Se a educação sozinha não transforma a  
sociedade, sem ela, tampouco, a sociedade  
muda."  
(Paulo Freire)**

## RESUMO

A importância da abordagem de temas de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM) é consenso entre os professores e pesquisadores da área de ensino de Física, com reflexos inclusive nas orientações curriculares oficiais (nacionais e estaduais), que já sinalizam para que estes temas sejam ensinados no EM. Entretanto, apesar de existirem muitas pesquisas sendo desenvolvidas sobre esse tema, parece que estes ainda não passaram por uma efetiva implementação em sala de aula, ou seja, ainda não fazem parte da cultura escolar do ensino de Física de uma forma ampla. Nas pesquisas são apontadas várias dificuldades em relação ao ensino de FMC, onde podemos destacar desde a formação do professor até a escassez de materiais didáticos adequados ao EM. Entretanto, apesar dessas e outras dificuldades, práticas docentes em ensino de FMC estão ocorrendo em algumas salas de aula, sob os mais diferentes enfoques. Neste trabalho, visamos compreender como essas práticas são desenvolvidas no cotidiano escolar, utilizando o referencial de Transposição Didática (TD) de Chevallard e o de cultura escolar de Forquin. Tentamos identificar elementos da criatividade e operacionalidade didática presentes em práticas desenvolvidas no EM, compreendendo que estes são elementos importantes para o estabelecimento de uma terapêutica didática. Uma terapêutica didática pode indicar a efetiva implementação do ensino de FMC no cotidiano do ensino de Física, enquanto a criatividade e especialmente uma nova operacionalidade, podem levar à uma mudança da cultura escolar tradicional do Ensino de Física. Através de uma pesquisa qualitativa aplicamos um questionário inicial a partir do qual identificamos professores que afirmavam abordar temas de FMC em sala de aula. Na sequência, fizemos seis entrevistas do tipo semi-estruturada para identificar as características da TD nas atividades pedagógicas em FMC citadas por esses professores. Os resultados obtidos na análise dessas seis entrevistas permitiram identificarmos indícios de criatividade, operacionalidade e a consequente terapêutica didática em todos os professores entrevistados, com níveis diferentes. Entretanto, dois professores tiveram destaque quanto às práticas desenvolvidas, no que tange à criatividade e operacionalidade didáticas. Selecionamos um desses professores para desenvolver um estudo de caso em suas práticas docentes, gravando em vídeo sete aulas desse professor. Finalmente, buscando melhor compreender as práticas por ele desenvolvidas, foi realizada uma nova entrevista semiestruturada. A análise das aulas e da entrevista possibilitaram-nos compreender elementos da criatividade e operacionalidade didáticas das práticas por ele desenvolvidas, elementos que, acreditamos, desempenham papel importante para que tais práticas tenham alcançado terapêutica didática nas práticas pedagógicas desse professor em particular, alterando em parte a cultura escolar do ensino de Física nesse estabelecimento de ensino.

Palavras-chave: Ensino de Física, Física Moderna e Contemporânea, práticas docentes, cultura escolar, transposição didática.



## **ABSTRACT**

The importance to implement the Topics of Modern Physics and Contemporary (MPC) in High School (HS) it is the biggest concern between teachers and researchers in the area of physics teaching, reflected even in Official Curriculum guidelines (national and state), where these topics are already pointed during HS classrooms. However, despite the fact that there are many studies being conducted about this topic, even so it seems that these have not yet passed through an effective implementation which it is not yet part of the school culture of the teaching of Physics broad way. In the researches pointed out several difficulties in relation to the teaching of MPC, where we can list from a lack of professional skills of the professional (teacher) from poor structure teaching materials suitable on the HS. However, despite these and other difficulties, some improvement are been made by some teachers during MPC teaching. This is occurring in some classrooms based on different approaches. Our goal in this project is to understand how these practices are developed in the school routine, using the theory framework for the Transposition Didactics (TD) by Chevallard and school culture by Forquin. We have tried to identify the elements of creativity and the operability didactics present in practices developed in HS, and understand that these are important elements for the establishment of a therapeutic didactics. A therapeutic didactics can indicate the effective implementation of the education of MPC in the daily basis lives of the teaching of Physics, while the creativity and especially a new operational capability, maybe lead to a culture change of the traditional school of Physics Teaching. Through a qualitative research we applied a questionnaire initial from which we identified teachers who claimed to address issues of MPC in the classroom. As a result, we have six interviews semi-structured to identify characteristics of TD in educational activities in MPC cited by those teachers. Finally, in an attempt to better understand the practices he developed, was held a new semi-structured interview. The analysis of the interview and physics classes has enabled us to understand elements of creativity and the operability of the didactic practices that he developed, elements Which, we believe, They play an important role to Ensures that such practices have achieved therapeutic didactics in pedagogical practices That of a teacher in particular changing school culture in the part of the teaching of Physics in this educational establishment.

Key-words: Teaching of Modern and Contemporary Physics, practices in the Teaching of Modern and Contemporary Physics, school culture, operation teaching.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: interrelações sujeitos e saber.....	31
Figura 2: noosfera .....	32
Figura 3: tela do simulador de Efeito Fotoelétrico .....	147
Figura 4: Gráficos corrente x intensidade e energia x frequência .....	151

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Aspectos ressaltados na pesquisa .....	421
Quadro 2: Temas de FMC em divulgação científica ou bibliografia de consulta de professores.....	432
Quadro 3: Artigos de Ensino de FMC.....	454
Quadro 4: Análise dos currículos do Ensino Secundário .....	476
Quadro 5:síntese dos temas estruturantes PCN+ .....	55
Quadro 6: Exemplo de organização didática 1 .....	55
Quadro 7: Exemplo de organização didática 2.....	56
Quadro 8: Exemplo de organização didática 3.....	56
Quadro 9: Relação entre conteúdos e metodologias .....	59
Quadro 10: Estruturação do módulo.....	84
Quadro 11: Materiais utilizados para o ensino de FMC.....	110
Quadro 12: Temas abordados no ensino de FMC .....	110
Quadro 13: Resumo perfil dos entrevistados .....	112
Quadro 14: Temas e materiais utilizados nas práticas docentes .....	117
Quadro 15: Resumo das vertentes utilizadas pelos professores entrevistados em FMC .....	134
Quadro 16: Estrutura das práticas docentes e materiais utilizados.....	146

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribuição dos assuntos da física escolar presentes nos artigos da amostra .....	71
Gráfico 2: Formação inicial dos professores de física .....	109
Gráfico 3: Tempo de docência em Física .....	109

## LISTA DE FOTOS

Foto 1: Sensor fotoelétrico .....	153
Foto 2: Filtros vermelho, azul e verde acoplado a luz branca e o kit de robótica ....	154
Foto 3: Controle remoto da televisão pendivre.....	155

## LISTA DE SIGLAS

ACE	- Alfabetização Científica e Tecnológica
CD	- Compact Disc
CTS	- Ciência, Tecnologia e Sociedade
DCE	- Diretrizes Curriculares Estaduais
DCNEM	- Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio
DEB	- Departamento de Educação Básica
EJA	- Educação de Jovens e Adultos
EM	- Ensino Médio
ES	- Escola Secundária
FC	- Física Clássica
FMC	- Física Moderna e Contemporânea
IMZ	- Inteferômetro March-Zehnder
IR	- Infra-red
LD	- Livro Didático
LDB	- Leis de Diretrizes e Bases da Educação
LED	- Light Emitting Diode
MEC	- Ministério da Educação
MQ	- Mecânica Quântica
PCN	- Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+	- Parâmetros Curriculares +
PCNEM	- Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio
PDE	- Programa de Desenvolvimento Educacional
PEIES	- Programa Experimental de Ingresso ao Ensino Superior
PPP	- Projeto Político Pedagógico

PTD	- Plano de Trabalho Docente
PUC/SP	- Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
RE	- Relatividade Especial
RG	- Relatividade Geral
RR	- Relatividade Restrita
SBF	- Sociedade Brasileira de Física
SEED	- Secretaria de Estado de Educação
TD	- Transposição Didática
TQ	- Teoria Quântica
USP	- Universidade de São Paulo
UV	- Ultra violeta



# SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	20
CAPÍTULO 1      Cultura, Cultura Escolar e a Transposição Didática no Ensino de Física .....	24
1.1      Cultura .....	24
1.2      Cultura escolar .....	27
1.3      Transposição Didática e Mediação Didática .....	30
Capítulo 2    O Ensino da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio .....	39
2.1      A importância do Ensino de FMC no EM .....	39
2.2      Panorama e rumos da Pesquisa em Ensino de FMC .....	40
2.3      Vertentes representativas para encaminhamento metodológico da FMC no EM, seleção e reorganização curricular .....	48
CAPÍTULO 3    Os materiais didáticos nos encaminhamentos metodológicos no ensino de FMC .....	65
3.1      Materiais didáticos para o Ensino de FMC .....	65
3.2      Encaminhamento metodológico .....	72
3.2.1      Encaminhamentos didáticos no ensino superior e curso de formação continuada. ....	72
3.4.2      Encaminhamentos didáticos na Educação Básica .....	77
Capítulo 4 - Metodologia de Pesquisa .....	89
4.1      Pesquisa qualitativa e os papéis dos envolvidos .....	89
4.2      Estudo de caso em práticas de FMC: identificação dos sujeitos .....	93
4.3      Entrevistas com os professores .....	96
4.4      Práticas docentes um olhar mais profundo .....	100
4.4.1      Acompanhamento das práticas de FMC na sala de aula .....	100
4.4.2      Segunda entrevista com P2 .....	102
4.4.3      A análise dos dados .....	105
Capítulo 5 – Práticas Docentes no Ensino de FMC: em busca de uma terapêutica didática .....	108
5.1      Perfis dos professores .....	108
5.1.1      Questionário .....	108
5.1.2      Professores entrevistados .....	111
5.2      Análise das entrevistas iniciais .....	112
Capítulo 6    Práticas docentes e análise da entrevista .....	145
6.1      Descrição das práticas docentes .....	145
6.1.1      Prática docente 1: O Efeito Fotoelétrico .....	145
6.1.2      Prática docente 2: A Bomba Nuclear .....	146

6.2	Análise da segunda entrevista com o professor P2 .....	160
6.2.1	Organização da prática docente.....	160
6.2.2	Operacionalidade das atividades desenvolvidas.....	163
6.2.3	Criatividade didática das práticas desenvolvidas.....	167
6.3	Um mergulho dentro das práticas docentes.....	169
CONCLUSÃO .....		175
Referências bibliográficas .....		179
APÊNDICES .....		186
Apêndice 1: questionário .....		186
Apêndice 2: roteiro de entrevista inicial .....		188
Apêndice 3: roteiro de entrevista .....		189
ANEXOS .....		191
ANEXO 1: Plano de trabalho Docente de P2 .....		191

## INTRODUÇÃO

O Professor dentro do sistema educacional tem papel fundamental. Portanto a sua formação inicial e a sua formação continuada, bem como a sua experiência profissional, adquirida com o tempo e, principalmente, no seu contexto social com seus pares e seus alunos, influencia significativamente sua prática pedagógica.

A prática pedagógica do professor em sala de aula nem sempre é vista como meio de produção de conhecimento escolar. Normalmente valorizam-se mais os trabalhos desenvolvidos por pesquisadores do que aqueles feitos em sala de aula.

Em relação ao Ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC), as pesquisas das últimas décadas trazem a preocupação com a inserção desse conhecimento no cotidiano de nossas escolas. Essas pesquisas trazem análises de práticas desenvolvidas por meio de pesquisadores, análise de materiais didáticos, utilização de novas tecnologias (simuladores), porém ainda pouco se estuda sobre o que os professores desenvolvem em suas práticas em sala de aula.

Como professor de Física, nos últimos vinte anos, observo que o Ensino de Física apresenta pouca contemporaneidade, ou seja, conhecimentos que ensinei, conhecimentos que acompanhei como coordenador pedagógico durante cinco anos, ainda são pautados principalmente por tópicos da tradição curricular da Física Clássica.

A minha motivação sobre temas de FMC iniciou-se quando estudava no segundo grau (atualmente com nova denominação de Ensino Médio) quando, paralelamente às aulas de Física, eu fazia leituras em revistas de divulgação científica de conceitos como Relatividade Restrita e Mecânica Quântica. Incomodava-me o fato de assuntos tão interessantes não serem tratados em sala de aula, mas nunca cheguei a questionar o meu professor de Física da época.

No segundo ano de faculdade comecei a ministrar aulas de Física, reproduzindo o que estava vendo na graduação e as experiências como estudante. Neste período, não tive contato com FMC, tanto na graduação como em cursos de formação continuada, o que se refletiu na minha prática pedagógica.

Entretanto, práticas pedagógicas trazendo o Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio ocorrem, mas nem sempre fazem um caminho linear da pesquisa à sala de aula.

Quando desenvolvi trabalho como coordenador pedagógico de Física numa das escolas em que trabalhei, propus junto aos professores uma prática de leituras constantes de artigos de pesquisa sobre o tema, Estas eram feitas em reuniões pedagógicas, quando também eram distribuídas cópias de outros artigos para que os mesmos fizessem leitura em sua hora-atividade. Porém, observei que isto não foi um fator determinante na alteração de nossas práticas na escola.

As práticas em FMC que ocorreram foram pontuais, como a discussão de dualidade onda-partícula, quantização de energia. Apesar de pontuais, foi interessante notar que ocorreram de uma maneira própria de cada professor, não exatamente como proposto nas pesquisas usadas como referência.

A leitura de artigos de periódicos científicos estava nos ajudando na sensibilização quanto à necessidade de trabalhar FMC, entretanto apenas essas leituras não estavam dando segurança para alçar novos voos em novas práticas. Nesse período, participei da seleção para o Programa de Desenvolvimento Educacional (PDE), da Secretaria de Estado de Educação, onde propus um projeto de intervenção pedagógica no ensino de Relatividade Restrita e Geral.

A formação continuada formal desse projeto possibilitou o contato não somente com meu orientador, mas com vários professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, através da discussão e da realização de um curso de 60 horas, ofertado a todos os 12 professores de Física participantes do PDE, onde, além de referencial teórico, foram também discutidas possibilidades de práticas com alunos do Ensino Médio.

No segundo ano do PDE desenvolvi uma intervenção pedagógica<sup>1</sup> na primeira série do Ensino Médio, utilizando os limites da teoria clássica, no conteúdo de Relatividade Restrita e Relatividade Geral.

O conjunto destas experiências me incentivou a participar do Programa de Pós Graduação em Educação da UFPR, visando compreender como as práticas estão ocorrendo em nossas escolas.

---

<sup>1</sup> Para esta prática foi desenvolvido um material impresso buscando uma Transposição Didática.

Os professores de Física, que buscam um ensino mais significativo e atualizado, normalmente o fazem mais por iniciativas próprias do que por políticas incentivadoras. Os cursos de licenciatura ainda carecem de disciplinas que possibilitem aos futuros professores de Física uma mediação didática de FMC adequada, pois normalmente em seus currículos existe uma grande carga horária para as disciplinas básicas de FMC, porém de forma isolada e sem discussão sobre a necessidade de mediação didática desses conteúdos.

Considerando que o professor produz conhecimento escolar por meio de suas práticas pedagógicas, estabelecemos a nossa questão de pesquisa: Quais características das práticas docentes no Ensino de FMC, especificamente no EM, podem contribuir para o estabelecimento de uma nova cultura da física escolar?

A proposta deste trabalho é estudar como estão sendo desenvolvidos os encaminhamentos metodológicos e a utilização de materiais pedagógicos pelos professores na abordagem da FMC no Ensino Médio, bem como levantar as agruras inerentes a este processo.

Observo este trabalho como uma possibilidade de ação com e sobre o conhecimento, onde as práticas docentes são entendidas como objeto, matéria e produto do trabalho do professor. Dessa forma poderemos, como afirma Garcia (2010), iniciar a superação da dicotomia entre teoria e prática, entre conhecimento científico e conhecimento pedagógico, entre a pesquisa e o ensino em sala de aula.

Com esta pesquisa, pretende-se ter uma amostra sobre o desenvolvimento de conhecimento escolar pela prática docente em FMC no EM e de como ela ocorre, especificamente, dentro da sala de aula.

No tempo didático em que o professor dispõe para trabalhar os conteúdos tradicionais de Física Clássica e “novos” de FMC, ele necessita fazer opções e compreender as razões pelas quais estas são tomadas. Essa compreensão é necessária para que ele possa fazer a análise das estratégias metodológicas, dos materiais didáticos e dos procedimentos de avaliação utilizados no processo ensino-aprendizagem.

No capítulo 1, **“Cultura, Cultura Escolar e a Transposição Didática no Ensino de Física”**, apresentamos os referenciais teóricos de cultura e de cultura escolar sob o referencial de Forquin (1993), visando compreender como se constituem os saberes escolares através da Transposição Didática, proposta por Chevallard (1991) e de Mediação Didática, proposta por Lopes (1999).

No capítulo 2, **“O Ensino da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”**, fazemos um breve panorama da pesquisa desta área, principalmente no Ensino Médio. Abordaremos, baseados nas pesquisas da área, a importância do ensino da FMC e das vertentes apontadas para o trabalho pedagógico.

No capítulo 3, **“Os materiais didáticos nos encaminhamentos metodológicos no ensino de FMC”**, são abordados os materiais desenvolvidos/adaptados ao ensino; e também são apresentados alguns encaminhamentos metodológicos, envolvendo FMC no Ensino Superior e na Educação Básica.

No capítulo 4, **“Metodologia de Pesquisa”**, são discutidos teoricamente os instrumentos utilizados nesta pesquisa qualitativa, bem como a seleção dos sujeitos da pesquisa. Apresentamos ainda, a primeira etapa da seleção, na qual foi utilizado um questionário e as questões de duas entrevistas semi-estruturadas, realizadas na segunda e quarta etapas. Também relata como foram gravadas em vídeo digital as duas práticas pedagógicas acompanhadas durante a pesquisa, que totalizaram sete horas aula.

No capítulo 5, **“Práticas docentes no Ensino de FMC: em busca de uma terapêutica didática”**, são apresentadas seis entrevistas com professores de EM, cujos resultados foram organizados segundo as três grandes categorias: (i) justificativas para o trabalho com FMC, (ii) encaminhamento metodológico e materiais utilizados, (iii) dificuldades para o trabalho em FMC.

No capítulo 6, **“Práticas docentes e análise da entrevista”**, são descritas as duas práticas docentes gravadas em vídeo digital: “Efeito Fotoelétrico” e “Bomba Nuclear”. Após as descrições, é apresentada a segunda entrevista com o professor cujas práticas docentes foram acompanhadas, em três eixos de análise: (i) quanto à organização da prática docente; (ii) quanto à operacionalidade; e (iii) quanto à terapêutica didática.

E, finalmente, as **“Conclusões”**, promovemos uma discussão entre o panorama das pesquisas de FMC, os dados obtidos durante esta pesquisa, bem como discutir nossas análises, além de propor perspectivas de pesquisas futuras.

## **CAPÍTULO 1 Cultura, Cultura Escolar e a Transposição Didática no Ensino de Física**

### **1.1 Cultura**

O termo cultura é polissêmico, possuindo várias interpretações. Para este estudo nos interessam os possíveis enfoques no campo da Educação, recorrendo à etimologia do latim *colere*, que significa cultivar ou instruir; *cultus*, significando cultivo. Este termo, portanto, possui conotações diferentes para cada campo do conhecimento e, muitas vezes, é empregado para indicar o desenvolvimento do indivíduo por meio da educação ou da instrução.

A palavra cultura aparece no fim do século XI, usada inicialmente para designar um pedaço de terra para produzir vegetais tornando-se, assim, um sinônimo de agricultura. Já em meados do século XVI, durante o Renascimento, é utilizada no sentido figurado de cultura do espírito, enquanto no século XVIII, cultura das ciências, artes e letras se tornam um símbolo da filosofia das Luzes, período em que seu sentido é o trabalho de educação do espírito, em particular durante a infância.

O sentido de cultura, como sinônimo de civilização, aparece no século XIX, quando Tylor (1871) define cultura através do desenvolvimento mental e organizacional das sociedades.

Na antropologia, esse termo tem significado amplo, engloba os modos comuns e aprendidos da vida, transmitidos pelos indivíduos e grupos em sociedade. Para os antropólogos, existem mais de 160 tipos de definição de cultura; para alguns, é o comportamento apreendido; para outros, uma abstração do comportamento e, para um terceiro grupo, a cultura consiste em ideias.

O conceito de cultura, bem como de sociedade, é uma das noções mais utilizadas pela sociologia. A cultura consiste no conjunto de valores de um dado grupo de pessoas, conjunto esse representado pelas normas que seguem e pelos bens materiais que criam. Valores são conceitos abstratos, enquanto as normas são princípios definidos ou regras que se espera que um grupo cumpra.

A cultura, para a sociologia, refere-se aos modos de vida dos membros de uma sociedade, ou de grupos dessa mesma sociedade, como é o caso da escola. Uma sociedade é um sistema de inter-relações que liga os indivíduos. Portanto, não há como existir uma sociedade sem cultura.

Nos múltiplos significados que a cultura pode apresentar, pode-se observar que o contexto social é predominante, na atualidade. Neste trabalho, concebemos cultura ligada à educação, nos apropriando das palavras de Forquin, segundo o qual “a educação não é nada fora da cultura e sem ela” (1993, p.14).

Ainda utilizando Forquin (1993), a cultura pode designar uma ordem humana, onde a linguagem e a partilha dos símbolos possui base sólida. Portanto, é uma herança coletiva, tanto intelectual quanto espiritual, é passada de geração a geração, levando em conta as necessidades humanas de comunicação e sobrevivência.

A cultura se modifica de geração em geração, pois é passada de memória e a partir dela é criada uma nova cultura. Ainda segundo esse autor, a educação é conjunto de processos e procedimentos formando um estado de cultura, sendo esta o que distingue o homem do animal.

A cultura não pode ser vista como algo pronto e acabado, que o ser humano recebe quando nasce. Deve-se levar em conta as relações onde é gerada e compreendida, considerando, portanto, o momento histórico em que se vive.

A escola é uma instituição cultural. Portanto, as relações entre cultura e escola não podem ser percebidas como polos independentes, mas sim ter uma visão de entrelaçamento, articuladas no cotidiano.

A cultura, envolvendo os estabelecimentos de ensino, segundo Forquin (1993), possui uma identidade própria, englobando elementos externos, os quais reformula internamente, por meio de uma dinâmica especial.

A cultura é o conteúdo primordial para a Educação, sendo sua principal fonte. É pela e na Educação que a Cultura se transmite e se perpetua, através de um trabalho docente paciente.

Educação e Cultura são faces da mesma realidade, apresentando reciprocidade e complementaridade entre elas, portanto não há como pensar uma desvinculando-a da outra.

A abordagem sociocultural visa a superação dos impasses teóricos e metodológicos das instituições escolares. Segundo Forquin (1993), as pesquisas



tendem a priorizar pelo menos uma destas dimensões: Cultura na Escola, Cultura da Escola e Cultura Escolar.

Estas três diferentes dimensões que relacionam cultura e escola devem ser melhor explicitadas para que se compreenda de que forma serão tomadas como referência nesta pesquisa.

A **cultura na escola** reflete os elementos culturais de uma determinada sociedade, terá reflexos tanto na cultura da escola como na cultura escolar. Esta dimensão da cultura é trazida pelos alunos e professores, mas também pelo entorno escolar. Não se pode deixar de ter reconhecida a sua existência, uma vez que ela deve ser conhecida e utilizada dentro da escola.

A escola tem características próprias, portanto a **cultura da escola** é o conjunto de “características de vida próprias, seus ritmos e ritos, sua linguagem, seu imaginário, seus modos próprios de regulação e de transgressão, seu regime próprio de produção e de gestão de símbolos” (FORQUIN, 1993, p. 167).

As características próprias da escola, como o tempo escolar organizado em hora-aula, onde o professor necessita organizar o ritmo de seu conteúdo, a seriação, a linguagem característica, são fatores que organizam como um determinado conteúdo/tema tem que ser trabalhado. Nesse sentido, os conceitos da Física Moderna e Contemporânea, que ainda não possuem uma organização dentro dessa cultura, que faz ainda necessário encontrar seus meios próprios, organizados dentro do tempo didático e linguagem apropriada.

A compreensão da escola no contexto cultural é fundamental e, sendo assim, Pérez Gómez (2001, p. 17), ao refletir sobre cultura, considera-a:

[...] como o conjunto de significados, expectativas e comportamentos compartilhados por um determinado grupo social, o qual facilita e ordena, limita e potencia os intercâmbios sociais, as produções simbólicas e materiais e as realizações individuais e coletivas dentro de um marco espacial e temporal determinado.

Dentro da escola há cinco patamares de cultura: cultura crítica, cultura social, cultura institucional, cultura experiencial e cultura acadêmica. (PEREZ GÓMEZ, 2001)

Para ele a escola é espaço de cruzamento de culturas: a alta cultura ou cultura intelectual, o conjunto de significados e produções existentes nos diferentes âmbitos do saber e do fazer, e que os grupos humanos foram acumulando ao longo

da história, é chamada de **cultura crítica**.

Já a **cultura social** possui um conjunto de significados e comportamentos hegemônicos no contexto social, composto por valores, normas, ideias, instituições e comportamentos que dominam os intercâmbios humanos em sociedades formalmente democráticas, regidas pelas leis do livre mercado e percorridas e estruturadas pela onipresença da comunicação de massa.

As tradições, os costumes, as rotinas, os rituais e as inércias, que a escola estimula e se esforça em conservar e reproduzir condiciona claramente o tipo de vida que nela se desenvolve e reforçam vigência de valores que constituem a chamada **cultura institucional**.

A configuração de significado e comportamentos que os alunos elaboram de forma particular, induzindo por seu contexto, em sua vida prévia e paralela à escola, mediante intercâmbios espontâneos com os meios familiares e sociais que rodeiam a sua existência, é conhecida por **cultura experiencial**.

A **cultura acadêmica** se constitui desde o currículo como transmissão de conteúdos disciplinares selecionados externamente à escola, desgarrados das disciplinas científicas e culturais, organizados em pacotes didáticos e oferecidos explicitamente de maneira prioritária e quase exclusiva pelos livros didáticos, ao currículo como construção ad hoc e elaboração compartilhada no trabalho escolar por docente e estudantes.

Um conceito unificador da cultura, quando relacionado com a escola, é utilizado por Forquin como **cultura escolar**, sendo este o conceito que adotaremos para melhor compreender as práticas docentes em FMC.

## 1.2 Cultura escolar

Existem várias definições de cultura escolar, devidamente documentadas em três ciências tradicionais (Gestão, Antropologia e Sociologia), com potencial de aproximação integrativa centrada no sujeito.

Parece que a expressão cultura escolar tende a ter um conceito unificador, que relaciona diversas áreas específicas onde as escolas operam. Entretanto,

existem opiniões que afirmam que o conceito de cultura escolar torna ambíguos os problemas das escolas e da educação escolar, dispersando para a prática escolar.

A Sociologia, como ciência, estuda os fenômenos sociais, podendo estes ser culturais ou especificamente escolares. O conceito, baseado na ideia de um mundo sócio-cultural, torna as contribuições da Sociologia importantes, sobretudo no que tange o trabalho conceitual de cultura escolar como fenômeno social.

A cultura escolar, para Vernooij (1997), é um conceito constituído por elementos funcionais ligados entre si, incluindo as condições formais da escola (estrutura física, estrutura formal e estrutura social), formação (didática e metodológica), de sentimentos no que diz respeito às relações sociais, atividades extraescolares orientadas pela escola (festas, visitas de estudo) ou atividades extraescolares orientadas pela escola com base nos diversos setores da vida escolar (professores, alunos e pais).

Já a **cultura escolar**, para Forquin (1993, p. 197), é definida como “o conjunto de conteúdos cognitivos e simbólicos que, selecionados, organizados, “normalizados”, rotinizados, através dos efeitos de imperativos de didatização, constituem habitualmente o objeto de uma transmissão deliberada no contexto das escolas”.

Elementos da cultura que serão trabalhados na escola são selecionados de acordo com interesses políticos, sociais e econômicos e, por isso, alguns desses elementos ora são valorizados, ora são esquecidos. Quando estes elementos sofrem uma reelaboração didática, produz-se o que chamamos de cultura escolar.

Segundo Forquin (2000), a cultura escolar é uma cultura geral, entretanto cultura geral não deve ser entendida como um amontoado de tudo, nem como uma amostra, não pretende desenvolver generalidades, que

“[...] não favoreçam conhecimentos precisos ou competências específicas (não é uma cultura de verbalismo abstrato), mas sim no sentido de ser responsável pelo acesso a conhecimentos e a competências estruturalmente fundamentados, isto é, capazes de servir de base ou de fundamento a todos os tipos de aquisições cognitivas “cumulativas”” (FORQUIN, 2000, p.58).

O conhecimento escolar é a integração dialética entre o conhecimento científico e as práticas pedagógicas, possuindo o grande desafio de obter o seu espaço epistemológico de conhecimento legítimo.

O “mundo social” da escola é o conjunto de “características próprias, seus

ritmos e ritos, sua linguagem, seu imaginário, seus modos de regulação e transgressão em seu regime próprio de produção e de gestão de símbolos” (FORQUIN, 1993, p. 167).

Os objetos e fontes da pesquisa na/da cultura escolar devem estar orientados pela análise da educação escolar, com a consciência de que o tempo e o espaço são determinados, através das relações e nas disputas pelo capital cultural e, conseqüentemente, pelo reforço simbólico, buscando reconhecimento e legitimação de outras formas de capital.

A escola não é apenas um espaço de encontro, aceitação e contemplação das diferenças, mas sim de exploração e negociação dessas diferenças, portanto a escola e suas práticas estão no centro das diferenças sociais e de relações de poder.

Para Forquin (1993), a educação do tipo escolar possui uma seleção interior da cultura e reelabora os conteúdos de cultura que serão transmitidos para as novas gerações. A educação escolar não consegue abranger em seus programas senão uma pequena parte restrita de saberes, que constituem a experiência coletiva, a cultura de uma sociedade.

Ele apresenta dois níveis de justificação de currículo: **a escolha e o valor**. No primeiro, é necessário fazer escolhas, que variam de acordo com os contextos, os recursos disponíveis, as necessidades sociais, as demandas dos usuários, as tradições culturais e pedagógicas. A tarefa de seleção cabe aos responsáveis pelas políticas educativas, aos elaboradores de programas escolares e aos professores, que têm seu tempo em sala de aula limitado e devem fazer escolhas do que faz mais sentido ensinar para melhor formação dos seus alunos.

O segundo trata das justificações fundamentais que dizem menos respeito à questão do que é possível ensinar em sala de aula do que às questões de valores dos próprios professores, no sentido de que só é possível ensinar o que tem, aos olhos dos professores, valor formador.

A tarefa de definir o que é culturalmente importante e estabelecer quais os assuntos e conteúdos que terão destaque em sala de aula é de responsabilidade do professor. Portanto, a seleção cultural escolar é o resultado de um compromisso instável entre exigências divergentes, interesses contraditórios, ideologias opostas e o que se encontra nos programas não pode pretender jamais uma justificação completamente racional.

Forquin (1993) analisa certos fenômenos de resistência a mudanças nos currículos a partir da condição do aluno ou professor de definir e ser reconhecido como especialista, isto é, constituindo-se como uma espécie de construção de identidade profissional e cultural. Acontece que as mudanças, sobretudo quando supõem novos cortes nos conteúdos ensinados e uma redefinição das fronteiras entre os saberes, podem ser percebidas como capazes de conduzir a novos papéis sociais bem como fazer pesar, aparentemente, uma ameaça sobre a identidade pessoal.

### **1.3 Transposição Didática e Mediação Didática**

O conceito de Transposição Didática foi elaborado pelo sociólogo Michel Verret, na França, em 1975, em sua tese de doutorado *Le temps des études* onde o autor faz um estudo sociológico da distribuição do tempo das atividades escolares.

A educação escolar não se limita a fazer uma seleção entre o que há disponível da cultura em um determinado momento histórico, mas tem por função tornar os saberes selecionados transmissíveis e assimiláveis efetivamente.

Entretanto, esse conceito tornou-se mais conhecido com Yves Chevallard e Marie-Alberte Joshua, quando analisaram as transformações sofridas no conceito de distância desde Fréchet (1906), até a introdução nos programas de geometria na sétima série (1971) em relação à reta, e as adaptações sofridas para que os alunos assimilassem esse conhecimento.

Ao caminho percorrido pelo conhecimento científico, quando selecionado e organizado visando à utilização didática, ou seja, à transmissão pelo professor e à possível assimilação pelo aluno, denominou-se Transposição Didática (TD).

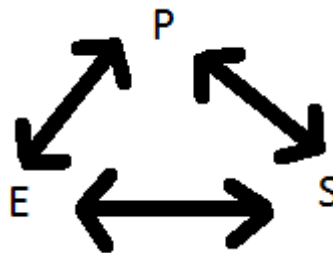
O conjunto de transformações pelas quais passam os materiais didáticos e as práticas pedagógicas com a finalidade de um conhecimento (objeto do saber) para ser ensinado está carregado por uma Transposição Didática (TD) fazendo com que, nesse momento, a cultura escolar se efetive.

Interessa à TD a preparação didática do saber, pois aquela está influenciada a partir da formulação discursiva do saber, exigindo o processo de

**despersonalização.** Esse processo se realiza completamente no movimento do ensino e começa na comunidade acadêmica, sendo marcado pelo descolamento do saber que está sendo produzido daquele que o investiga, bem como do contexto em que ele está inserido.

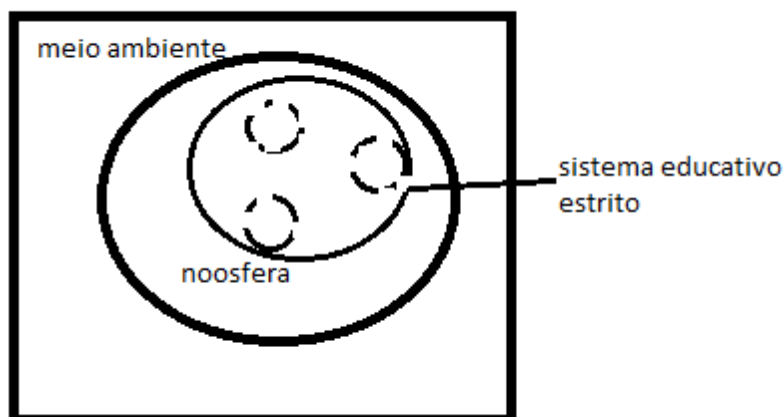
O funcionamento didático do saber é distinto do funcionamento acadêmico, havendo dois regimes de saber, inter-relacionados, mas não sobrepostos. Quando elementos do saber passam ao saber ensinado, ocorre a TD. Entretanto, o saber ensinado vive bem, encerrado sobre si mesmo, com certa autonomia, protegido pelo que Chevallard chama de “clausura da consciência didática”.

O funcionamento didático é capaz de resolver suas próprias necessidades enquanto saber a ensinar, entretanto, apesar deste aparente funcionamento harmonioso, existem crises e, para responder aos porquês, Chevallard utiliza um esquema representado por três ícones e as inter-relações entre eles, em que o P representa o professor, E representa o estudante e S representa o saber ensinado.



**Figura 1: interações sujeitos e saber**  
adaptado de Chevallard e Joshua (1991, p.24)

Na instância onde ocorre o contato direto entre o sistema didático *stricto sensu* e a sociedade em geral, irão acontecer conflitos, negociações que interferirão no sistema didático. Fazem parte desse entorno pais, representantes de professores do sistema de ensino e pesquisadores, cada um com sua visão de mundo e de educação. A esse entorno, Chevallard chama de **noosfera**, servindo de fio condutor da transposição didática.



**Figura 2: noosfera**  
adaptado de Joshua e Chevallard (1991)

Na noosfera, o trabalho realizado para elaborar um novo texto do saber se consagra como uma estratégia de superação das dificuldades de aprendizagem. Estas inicialmente devem ser identificadas, ou seja, devem ser reconhecidas como algo que viola a regra devidamente estabelecida.

Chevallard define a **noosfera** como sendo a instância que age como um verdadeiro filtro entre o saber acadêmico e o saber ensinado em sala de aula. É na noosfera que se produz o “saber a ser ensinado”, e a realização do trabalho para elaborar um novo texto do saber se manifesta como uma estratégia de ataque às dificuldades de aprendizagem.

Na noosfera, o trabalho de interface viabilizaria a manutenção da compatibilidade entre o sistema didático e seu entorno social, sendo realizado em múltiplos e diferentes planos do saber. Resumidamente, a noosfera contém todos os que pensam os conteúdos de ensino.

A proposta de Chevallard, em função da exigência de uma explicação discursiva relativa ao saber, faz com que seja necessária, inicialmente, uma delimitação de saberes parciais. Nessa delimitação, cada saber, individualmente, será expresso em um discurso autônomo, e esse processo faz com que o saber deixe de estar completamente intrincado: isso caracteriza a **dessincretização do saber**.

Por sua vez, a **despersonalização do saber** é marcada pelo descolamento do saber que está sendo produzido daquele que investiga e do contexto social no qual está inserido, havendo uma dissociação entre sua produção discursiva e o

pensamento, objetivando dar um caráter mais geral, descontextualizado e não personalizado ao saber.

Os conhecimentos científicos estão deslocados das questões que pretendem resolver e dos conceitos com os quais constituem uma rede relacional e:

Desta forma, o saber ensinado aparece como um saber sem produtor, sem origem, sem lugar, transcendente ao tempo. Por isso, não é sem motivos que os livros didáticos, componentes essenciais da noosfera, omitem referências bibliográficas e históricas (LOPES, 1997, p. 564).

A **programabilidade da aquisição do saber** implica em uma programação para que o saber em questão seja apropriado. Desta maneira, o texto deve ter um início e um fim apresentados de forma sequencial e racional.

A **publicidade do saber** tem como fonte a objetivação por parte dos textos, possibilitando também o controle social da aprendizagem. O texto do saber e o tempo didático na relação saber/duração do saber são os elementos principais do processo didático.

A TD é apresentada por Chevallard (1997), sendo composta por três estatutos ou patamares de saber: o *savoir savant* (o saber sábio), *savoir a enseigner* (saber a ensinar) e o *savoir enseigné* (saber ensinado).

O **saber sábio** é aquele elaborado pelos intelectuais e cientistas; é um produto da atividade científica, o saber original, que é tomado como referência da disciplina escolar. Esse saber sofre transformações dentro da comunidade científica até se tornar público em revistas específicas, e quando dessa publicação, o texto está depurado, em linguagem impessoal, não mostrando as características de sua construção.

A “ensinabilidade” de um saber é o ponto de partida que está na própria seleção dos saberes, os quais devem ser avaliados na relação da organização social e com os valores culturais, nesta ordem: relevância epistemológica, relevância cultural e a exposição social de práticas correspondentes na sociedade.

Um saber sábio deve estar de acordo com a **atualidade moral**, ou seja, o conhecimento deve ser considerado como importante pela sociedade e necessário à composição curricular devendo, ainda, ter **atualidade biológica**, ou seja, o conhecimento deve possuir atualidade com a ciência de referência.

O **saber a ensinar** configura como se apresentam os conteúdos dos materiais e dos livros didáticos, sendo a parte específica dos professores e que está



diretamente relacionada à didática e à prática de condução de sala de aula. Este é um dos grandes desafios do professor para realizar esta transposição, pois terá que adaptar os conteúdos curriculares de acordo com aspectos da cultura escolar.

O **saber ensinado** é aquele que de alguma forma foi recebido pelo aluno mediante as adaptações e as transposições feitas pelos cientistas e pelos professores.

No processo de transposição didática, é preciso que o professor tenha domínio do conteúdo a ser ensinado e o transforme de modo que este não perca suas características.

O saber ensinado deve ser visto pelos alunos como suficientemente próximo do saber sábio, a fim de não desautorizar os cientistas/físicos (neste caso, no papel de elaboradores do saber sábio), pois se houver o distanciamento, esse minaria a legitimidade do processo social. Entretanto, simultaneamente, deve estar suficientemente afastado do senso comum, para não aparecer “banalizado” perante a sociedade.

A distância inadequada dos saberes colocaria em questão a legitimidade do processo de ensino, degradando seu valor, ocorrendo o que Chevallard chama de “desgaste biológico”. Deve-se, também, tomar cuidado com o “desgaste moral” provocado pela aproximação com o “saber banalizado”: ambos ocorrem quando a distância entre o saber ensinado e o saber sábio é demasiadamente complexa.

O saber tratado pelo sistema de ensino envelhece e esse desgaste provoca um rompimento entre o sistema de ensino e seu entorno social, provocando uma inquietação entre os cientistas/físicos, família, pais e alunos e até mesmo entre os professores. Nesse sentido, denuncia-se a inadequação do sistema de ensino, especialmente de Física, que trata normalmente os saberes construídos até o século XIX, reprovando esse sistema como instituição arcaica e sem dinamismo.

A impressionante complexidade das relações entre o sistema de ensino e o seu entorno, entre sociedade e escola, faz surgir a necessidade de reajustes e adaptações, todavia essa é uma ação delicada e com possíveis riscos. Ao manipular apenas uma variável, neste caso o saber, corre-se o risco de se deparar com graves problemas, talvez mais graves dos que se tentava solucionar.

Para Chevalard (1997), um saber deve ser **consensual**, ou seja, a comunidade escolar não pode ter dúvida sobre o ‘valor’ daquilo que é ensinado. O conteúdo deve ter uma ‘verdade’ contemporânea ou histórica, isto talvez explique

que temas como Teoria de Cordas apareçam (ou não) pouco nos programas de ensino e nos livros didáticos.

Além de consensual, um saber deve ter **Operacionalidade**, pois se o mesmo não for ‘prático’ no sentido literal da palavra, este não se efetivará na escola, devido às condições concretas sob as quais trabalham os professores nas escolas, muitas vezes desfavoráveis ao trabalho pedagógico.

Um saber é considerado operacional quando é capaz de ser apresentado em exercícios, atividades e tarefas, possibilitando uma avaliação mais objetiva, tendo muito mais chances de ser transposto.

Outra característica que definirá o sucesso de uma prática pedagógica é a **criatividade didática**, pois não basta que o professor utilize recursos adaptados de outro nível de ensino, ou de outras práticas desenvolvidas. Na realidade, o professor deve criar estratégias e materiais didáticos que atendam a sua realidade escolar, ou seja, que a forma com que seja trabalhado determinado conteúdo seja condizente com o conhecimento científico e também com o cotidiano do aluno, do professor e da escola.

A criatividade didática caracteriza-se por atividades e áreas de estudo que são produzidas para o ensino, porém não possui equivalente à ciência de referência.

Quando estas características são reconhecidas na prática pedagógica, poderá ocorrer o que é chamado de **terapêutica didática**, que foi proposta por Chevallard como um “selo de qualidade” do saber a ensinar, ou seja, que esta prática seja inserida definitivamente no currículo escolar, não sendo mais uma experiência isolada e, sim, uma prática recorrente.

É sob este paradigma que se devem tomar as práticas de FMC. Os temas devem sofrer uma TD que possua criatividade didática, que seja operacional, que seja consensual entre a comunidade escolar, pois somente assim poderá ocorrer a terapêutica didática, ou seja, esses temas se tornarão parte da prática pedagógica efetiva e da cultura da física escolar.

Segundo Lopes (2007), o conhecimento escolar, incluindo o processo de seleção e organização dos conteúdos, “é produzido socialmente para finalidades específicas da escolarização, expressando um conjunto de interesses e de relações de poder, em dado momento histórico” (p. 196).

A autora afirma que o termo transposição tende a ser associado à ideia de reprodução, de transporte de um local para outro, não havendo transformações e

que não há como não considerar as influências sociais nos saberes escolares. Ela defende, assim, uma nova visão de TD, a qual chama de Mediação Didática, na qual o Currículo Escolar não é apenas uma seleção de cultura, mas sim uma produção de cultura escolar, tendo o conhecimento escolar configurações epistemológicas próprias.

A escola deve procurar uma maneira de tornar um conhecimento acessível e passível de ser transmitido aos alunos. Contudo:

[...] isso não lhe confere a característica de instância meramente reprodutora de conhecimentos. [...] devemos recusar a imagem passiva da escola como receptáculo de subprodutos culturais da sociedade. Ao contrário, devemos resgatar e salientar o papel da escola como socializadora/produtora de conhecimentos [...] (LOPES, 1999, p. 218).

O conhecimento escolar não é estanque, pelo contrário, a escola é produtora desse conhecimento, portanto compreendemos que analisar essa produção é de vital importância, visto que socializar o processo da mediação desse conhecimento e suas características possibilitará compreender melhor a cultura escolar.

Lopes (1999) propõe a **mediação didática**, mas não no sentido genérico (na ação de relacionar duas ou mais coisas, de servir como uma ponte para permitir passagem de uma coisa a outra), mas sim no sentido dialético, no sentido de constituição de uma realidade através de mediações contraditórias, complexas e não imediatas.

A didatização não é um processo de vulgarização ou de adaptação dos saberes, cabendo à escola o papel de tornar acessível o conhecimento para ser transmitido. Entretanto, em função da característica de ser meramente reprodutora de conhecimento, cabe à escola o trabalho de didatização da produção original, devendo recusar a imagem passiva. Pelo contrário, deve-se resgatar o papel da escola como socializadora/produtora de conhecimento.

Siqueira (2006) apresenta uma proposta de Física de partículas elementares no EM, através de uma sequência didática tendo como referencial a teoria da TD.

O autor discute que a transposição do saber sábio ao saber ensinado deve seguir regras propostas por Astolfi (1997): modernização do saber escolar, atualização do conhecimento escolar, articulação do novo saber com o antigo, transformação um saber em exercícios e em problemas, tornando um conceito mais compreensível.

Não pretende afirmar se a TD é boa ou ruim, porém se é possível ou não, neste ponto concluem que o tema apresenta quase todos os elementos da teoria da TD, dando destaque à criatividade didática.

Com relação ao tema de partículas elementares, pouco se encontra nos livros didáticos de EM e que mesmo

“[...] aquela parte que se já se encontra nos livros de Física do E.M., não apresenta nenhum tipo de criatividade, estando fortemente estruturado na forma tradicional, ou seja, nos moldes dos conteúdos que já se encontram nos livros “(s.p).

Destaca ainda que o elemento terapêutico possui ligação íntima com a criatividade didática, pois “O saber tem que adaptar ao sistema didático, ou seja, só permanece na escola aquele saber que já verificou que dá certo, dentro das características ressaltadas, aqueles que não dão ficam de fora” (SIQUEIRA e PIETROCOLA, 2006, s.p., apud SIQUEIRA, 2006).

Concluem que o tema tem boas características para estar presente no currículo de Física do EM, porém destacam algumas questões:

“[...] devemos refletir um pouco mais sobre a análise de tópicos contemporâneos através da Transposição Didática Será possível criar objetos de ensino com esse conteúdo? Será que a inserção da Física de Partículas Elementares estará fadada a não ocorrer por não apresentar a criatividade didática? Seria esse então o indício de sua exclusão do E.M.? Por isso que não temos esse conteúdo no E.M.?” (SIQUEIRA e PIETROCOLA, 2006, s.p. apud SIQUEIRA, 2006)

Entretanto, afirmam que acreditam que o obstáculo da criatividade didática é uma questão de tempo para ser superada, pois quando o conteúdo estiver melhor estruturado como saber a ensinar, os objetos educacionais surgirão.

O conjunto de conteúdos cognitivos e simbólicos, os quais são selecionados através da noosfera, e que o professor promove a transmissão deliberada na escola, possibilitam que o mesmo seja o promotor da mudança da cultura escolar, especialmente de conhecimentos que ainda não possuam uma tradição curricular, como é o caso da Física Moderna e Contemporânea.

O docente precisa ter a percepção didática do saber sábio, levando em conta a organização didática desses conhecimentos, permitindo que conhecimentos que ainda necessitam adaptação dos conteúdos curriculares sejam trabalhados de acordo com aspectos da cultura escolar.

Os conteúdos de FMC já se encontram nos currículos oficiais, entretanto ainda não fazem parte do cotidiano das práticas docentes, provavelmente por ainda não possuírem uma didatização adequada, ou seja, os conteúdos possuem características de outro nível de saber.

Para a superação dessas dificuldades de Transposição Didática, cabe ao professor encontrar uma maneira de fazer com que o conhecimento tenha características próprias e adequadas ao nível de ensino que se destina, para que o saber ensinado faça sentido para o aluno. Essa característica é a criatividade didática, uma vez que um conhecimento não pode ser apresentado da mesma forma que foi apresentado a outro nível de ensino, ou ainda da mesma maneira que outro conteúdo já tradicional foi apresentado.

Outra característica fundamental é que esse conhecimento tenha operacionalidade, ou seja, que possua meios de ser reproduzido dentro de uma nova cultura escolar. Quando nos referimos a essa operacionalidade, não devemos esperar a mesma maneira que são apresentados os conteúdos da Física Clássica; deve-se sim, aliar a uma criatividade didática, formas de operacionalidades provavelmente novas, às tradicionais.

‘Quando essas características forem consideradas a Terapêutica Didática poderá realmente ocorrer, pois se tentar transpor um novo conhecimento sem levar em conta suas características, o professor não se sentirá seguro para repetir em seu cotidiano essa nova prática pedagógica, portanto, não transformando a sua cultura escolar pessoal.

## **Capítulo 2 O Ensino da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**

Neste capítulo apresentaremos uma revisão bibliográfica dos trabalhos sobre o Ensino de FMC: através da importância do ensino de FMC no EM; um breve panorama das pesquisas no Ensino de FMC; as vertentes representativas para o encaminhamento metodológico em FMC, seleção e reorganização curricular; e o Ensino de Física nas orientações curriculares oficiais.

### **2.1 A importância do Ensino de FMC no EM**

A atualização curricular no Ensino de Física e a consequente inserção da FMC possui uma ampla gama de justificativas tais como: anseio de uma formação voltada para o exercício da cidadania e a influência dos conhecimentos contemporâneos na sociedade (TERRAZZAN, 1994); o caráter instigante que os temas de FMC tem para os alunos (WILSON, 1992); o despertar da curiosidade no aluno e o reconhecimento da física como empreendimento humano, permitindo transmitir aos alunos uma visão mais correta dessa ciência e da natureza do trabalho científico, através da superação da visão linear do desenvolvimento científico (OSTEMANN e MOREIRA, 2000) e o incentivo a novas carreiras científicas (STANNARD, 1990).

Não é possível ensinar toda a Física num período tão curto quanto o EM. Neste sentido Kawamura e Housome (2003) defendem que:

“[...] há certos assuntos ou tópicos com maior potencial que outros para objetivos da realidade escolar, e os critérios para estabelecê-las devem levar em conta os processos e fenômenos físicos de maior relevância no mundo contemporâneo, além de cobrir diferentes campos de fenômenos e diferentes formas de abordagem, privilegiando as características mais essenciais que dão consistência ao saber da Física e permitem um olhar investigativo sobre o mundo real” (p. 25).

Afirmam, ainda, que temos que superar a compartimentalização do conhecimento, devemos reconhecê-la para superá-la, uma vez que o conhecimento acumulado pela humanidade constitui-se em um patrimônio precioso e é função da educação dar-lhe continuidade.

Ostermann e Moreira (2000), através de um estudo, apresentam a necessidade de que a Física fique mais próxima dos estudantes, aos quais infelizmente são negados o contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não veem nenhuma Física além de 1900.

Esta situação é inaceitável em um século (XX) no qual ideias revolucionárias mudaram totalmente a ciência. Existe maior interesse atrair jovens para a carreira científica, podendo estes tornarem-se os futuros pesquisadores e professores de Física; e também, para o próprio professor, é mais satisfatório ensinar tópicos que são novos.

Entretanto, o entusiasmo pelo ensino deriva do material didático utilizado e das mudanças estimulantes no conteúdo do curso, o que ainda não é uma realidade. A Física Moderna é considerada conceitualmente difícil e abstrata; porém, os resultados de pesquisa em Ensino de Física têm mostrado que, além da Física Clássica ser abstrata, os estudantes também apresentam sérias dificuldades conceituais para compreendê-la.

## **2.2 Panorama e rumos da Pesquisa em Ensino de FMC**

A preocupação com o Ensino de FMC nas escolas e em cursos introdutórios universitários, nos Estados Unidos da América, começou ou se intensificou, com a “Conferência sobre o Ensino de Física Moderna”, realizada no *Fermi National Accelerator Laboratory*, Batavia, Illinois, EUA, em abril de 1986. Nesse evento, cerca de 100 professores interagiram com 15 físicos. A conferência tinha como objetivo tópicos de pesquisa em física, em especial Física de Partículas e Cosmologia (OSTERMANN e MOREIRA, 2000).

Na Europa, nos anos 80 do século passado, começaram a ser publicados estudos de FMC no EM (LOBATO e GRECA, 2005); no Brasil, a pesquisa em Ensino

de FMC apareceu na Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), em março de 1980, em artigo de Alberto Villani. Ele destaca que esta é uma área que ainda não possui uma tradição dentro da pesquisa e, por isso mesmo, permitindo abordagens sem limites. No Caderno Brasileiro de Ensino de Física<sup>2</sup> (CBEF), foi feita a primeira publicação sobre o tema, em agosto 1986 em artigo de V. H. Santos. Ambas as publicações, voltadas especificamente para o Ensino de Física, relatam episódios no ensino Superior, apesar de que Villani já destaca as possibilidades no segundo grau<sup>3</sup>.

Podemos afirmar que a pesquisa nessa área é bastante recente, entretanto já apresenta avanços consideráveis. Uma das grandes discussões na pesquisa de Ensino de FMC aborda os elementos que dificultam a efetiva implantação dos temas FMC como conteúdo na escola. Nessas pesquisas são apontadas desde a formação do professor até a utilização de materiais adequados ao Ensino Médio (REZENDE JUNIOR, 2001; PENA, 2008).

Quanto à formação inicial do professor, Higa e Hosoume (2008) afirmam que o professor deve ser incentivado à reflexão, visando a compreensão do trabalho em suas aulas de física enquanto processo. Portanto, deve ser visto como um empreendimento humano, não permitindo uma visão de que os conhecimentos estão prontos e acabados e que devem ser impostos aos seus alunos.

O conhecimento é adquirido, não pode ser percebido somente na formação do magistério, mas em diferentes fontes sociais, portanto é necessário que o professor se coloque como autor de sua prática.

O professor deve ser percebido como intelectual crítico, sendo esta a condição essencial, onde ele passe a compreender suas práticas como instância formadora, conquistando assim sua autonomia.

Uma das dificuldades apontadas por Terrazzan (1992) é que muitos professores argumentam que não conseguem cumprir toda a programação curricular, não restando tempo para o estudo da FM (Física Moderna) e FC (Física Contemporânea)<sup>4</sup>. Por esse motivo, muitos professores optam em trabalhar apenas

---

<sup>2</sup> Neste período a publicação ainda era chamada de Caderno Catarinense de Ensino de Física.

<sup>3</sup> Denominação se alterou com a LDB 9394/96 para Ensino Médio.

<sup>4</sup> Existem grandes controvérsias quanto o que considera-se FM e FC, então resolvemos considerar neste trabalho a proposta de Ostermann e Moreira(2000), onde a FM seria até o início da Segunda Guerra e FC a partir dos anos de 1940 até hoje.



a FC, levando ao seguinte questionamento: “O que se pode esperar de uma física escolar que esteja tão descompassada/defasada no tempo?” (p. 210).

Visando responder a este questionamento, o autor afirma que não é apenas por ações de pesquisadores que ocorrerá a implantação efetiva da FMC no Ensino Médio. Precisamos que ocorra uma participação efetiva dos professores do EM; e, neste sentido, sugere o modelo de pesquisa-ação ou de pesquisa participante, pois as considera como mais adequadas. Destaca, ainda, como pontos essenciais para a reflexão, a forma os que conceitos se desenvolveram na física, enquanto área do conhecimento humano e a terminalidade do curso de física no EM.

Pena (2008) discute as dificuldades das pesquisas em Ensino de Física chegarem ao âmbito escolar, apontando algumas causas: a formação inicial e continuada dos professores; as condições de trabalho; o contexto escolar, os problemas políticos e econômicos, as orientações curriculares escolares e o próprio teor das pesquisas.

Ostermann e Moreira (2000) apresentam uma revisão de literatura sobre ensino de FMC no EM, onde analisam artigos de revista, livros didáticos, dissertações, teses, projetos e navegações na internet; concentrando-se em publicações direcionadas ao ensino.

Essa revisão considerou os seguintes aspectos: as justificativas para o Ensino de FMC no Ensino Médio; as questões metodológicas, as epistemológicas, as históricas (ensino de FMC), as estratégias de ensino e o currículo; as concepções alternativas dos estudantes em FMC; os temas de FMC para consulta ou divulgação para professores de Ensino Médio; as propostas testadas em sala de aula com resultados de aprendizagem; e os livros didáticos que inserem temas de FMC no Ensino Médio.

<b>Aspectos ressaltados</b>	<b>Quantidade</b>
temas de FMC para consulta ou divulgação para professores de EM	79
Questões metodológicas, epistemológicas, históricas (ensino de FMC), estratégias de ensino e currículo	16
Justificativas para inserção de FMC	14
estratégias de ensino e currículo	8
propostas testadas em sala de aula com resultados de aprendizagem	7
LD que inserem temas de FMC no EM	5

**Quadro 1: aspectos ressaltados na pesquisa**

Fonte: o autor baseado em Moreira e Ostermann (2000)

Os autores apontam que ocorre maior concentração em “apresentação de um tema de FMC”, em relação às “concepções alternativas” e às “propostas testadas em sala de aula” (ver quadro 4). Ressaltam que esse pode ser um indício à necessidade de um amadurecimento da pesquisa da área, principalmente no que se refere à prática de sala de aula e aos temas que devem ser abordados para uma transposição didática adequada no EM.

O quadro 5 apresenta temas de FMC em divulgação científica ou bibliografia de consulta de professores, mostrando que existe um grande concentração entre temas que comumente estão na mídia.

<b>Temas</b>	<b>quantidade</b>
Partículas elementares	17
Mecânica Quântica	16
Relatividade	11
Experimentos em FMC	6
Radioatividade	6
Laser	5
Supercondutividade	5
Efeito Fotoelétrico	4
Interações fundamentais	2
Armas nucleares	1
Emissão de corpo negro	1
Polaróides	1
Cristais líquidos	1
Caos	1
Raios cósmicos	1
Astrofísica	1

**Quadro 2: temas de FMC em divulgação científica ou bibliografia de consulta de professores**

Fonte: o autor baseado em Moreira e Ostermann (2000)

Pereira e Ostermann (2009) fazem uma revisão dos artigos de FMC de 2001 a 2006, período em que foram analisados 102 artigos em principais revistas de ensino de ciências, nacionais e internacionais. Utilizaram quatro grandes categorizações: as propostas didáticas testadas em sala de aula, o levantamento de concepções, a bibliografia de consulta para professores e a análise curricular.

A maioria dos artigos refere-se à bibliografia de consulta para professores, entretanto são consideráveis as propostas didáticas em sala de aula. A primeira categoria refere-se à implementação de novas estratégias didáticas que visam promover nos estudantes um melhor entendimento de temas contemporâneos. Na segunda categoria, avaliaram o conhecimento de professores e alunos acerca de temas de FMC. Na terceira categoria, bibliografias de consulta direcionadas a professores de física, tanto de nível médio como de nível universitário, incluindo textos de apoio. Na quarta categoria, trabalhos que se dedicaram à análise curricular

ou outros tipos de análise relevantes para o ensino de FMC, tais como a análise de livros didáticos.

Como metodologia de trabalho foram utilizadas as seguintes etapas: i) levantamento do universo de trabalhos sobre o ensino de FMC posteriores à revisão de Ostermann e Moreira (2000); ii) definição do tema presente nos artigos consultados; e iii) classificação e categorização dos trabalhos.

As revistas analisadas escolhidas para essa revisão foram pelo critério de classificação QUALIS, sendo então selecionadas as revistas: de ensino de ciências do Brasil (*A Física na Escola*, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, *Ciência & Educação*, *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, *Investigações em Ensino de Ciências*, *Revista Brasileira de Ensino de Física* e *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*) e do exterior (*American Journal of Physics*, *Enseñanza de la Ciencias*, *International Journal of Science Education*, *Physics Education*, *Revista Electrónica de Enseñanza de la Ciencias*, *Science Education* e *Science & Education*).

As categorizações, apesar de terem por base o trabalho de Ostermann e Moreira (2000), diferenciam-se neste trabalho, pois visam à produção acadêmica recente e envolveram apenas a consulta a revistas da área de ensino de ciências e matemática, incluindo trabalhos realizados em todos os níveis de ensino.

As propostas didáticas testadas em sala de aula apresentam cinco linhas de pesquisa: 1) estratégia para abordar FMC no ensino médio; 2) mudanças no ensino de FMC em nível superior; 3) uso de tecnologias de informação e comunicação; 4) abordagem ciência, tecnologia e sociedade; 5) articulação com a história e a filosofia das ciências.

A categoria levantamento de concepções apresenta resultados da avaliação de professores e alunos acerca de temas específicos de FMC e bibliografias de consulta para professores, envolvendo quatro tipos de produção: 1) textos didáticos; 2) novos recursos didáticos; 3) novas propostas e estratégias didáticas; 4) divulgação científica.

A categoria análise curricular foi tipificada em: 1) análise curricular; 2) análise de livro didático e 3) revisão de literatura (ver quadro 5).

Os autores apontam que, dentre os 50 artigos analisados que tratam de FMC no EM, 26 artigos tratam de MQ, 11 artigos tratam de RE e RG, e 13 artigos tratam de: Nuclear, radiação, supercondutores, física de partículas, armas nucleares.

Os autores ressaltam a necessidade de que o resultado das pesquisas seja verificado e se as mesmas facilitam o processo ensino-aprendizagem. Eles destacam, ainda, que a maioria dos trabalhos que avaliam propostas didáticas ocupa-se da organização do conteúdo e do rigor científico, havendo a necessidade de investigar os processos conduzidos dentro de sala de aula, como estes se estruturam e condicionam a aprendizagem. Pois, “[...] somente assim poderemos adquirir uma melhor compreensão dos mecanismos utilizados por professores e alunos na construção de conhecimentos relativos a temas de FMC (PEREIRA e OSTERMANN, 2009, p.414).

<b>Categorias</b>	<b>Subcategorias</b>	<b>Quantidade de artigos</b>
levantamento do universo de trabalhos sobre o ensino de FMC posteriores à revisão de Ostermann e Moreira (2000)		16
propostas didáticas testadas em sala de aula	estratégia para abordar FMC no ensino médio	6
	mudanças no ensino de FMC em nível superior	5
	uso de tecnologias de informação e comunicação	5
	abordagem ciência, tecnologia e sociedade	3
	articulação com a história e a filosofia das ciências.	3
Bibliografias de consulta para professores	textos didáticos	18
	novos recursos didáticos	16
	novas propostas e estratégias didáticas	14
	divulgação científica.	4
Análise curricular	Análise curricular	3
	Análise de livro didático	2
	Revisão de literatura	1

**Quadro 3: Artigos de Ensino de FMC**

Fonte: o autor baseado em dados Pereira e Ostermann (2009)

Loch e Garcia (2009) fazem uma revisão de bibliografias propostas efetivadas de inserção de Física Moderna e Contemporânea, em sala de aula, a partir de 2002, quando do lançamento dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). A metodologia da pesquisa baseou-se em apontar os referenciais teóricos, os conteúdos sugeridos e a metodologia proposta. Através desta revisão, perceberam

uma maior incidência de trabalhos em temas de Relatividade (8), sendo que outros tópicos abordados são: quântica (3), partículas (1) e supercondutividade (1).

A trajetória profissional, as dificuldades, os aspectos culturais e a percepção dos professores foram importantes critérios de análise e apontam que é essencial que o professor tenha tempo tanto para se aperfeiçoar, quanto para preparar suas aulas.

Os próprios professores reconhecem que possuem problemas na sua formação inicial e na formação continuada, mas também que não possuem tempo para o preparo adequado de suas aulas.

Lobato e Greca (2005) afirmam que a escola secundária está longe de acompanhar as evoluções da sociedade atual. Apresentam um estudo sobre a inserção de FMC nos currículos de Física no Ensino Secundário (ES), especialmente em Teoria Quântica, em alguns países: Portugal, Espanha, França, Reino Unido, Dinamarca, Suécia, Canadá e Austrália.

Em seu estudo, confirmam que a prática docente coincide com o que está estipulado nos currículos, e que as orientações causam influência nas abordagens adotadas.

A abordagem tradicional, utilizando a via histórica, encontra-se presente nos currículos de Portugal, Espanha, Itália e Finlândia. Já nos demais países analisados, essa abordagem foi abandonada. Países como a Dinamarca, Suécia, Canadá e Austrália, possuem uma relação que se estabelece entre experimentação e modelação teórica; apresentando as suas consequências para a sociedade e para o meio ambiente.

Os autores, no quadro 6, mostram a síntese da análise dos currículos do Ensino Secundário, visando compreender as abordagens da TQ nestes países.

País	Estratégias introdução de TQ	Altura de introdução da TQ	Tempo previsto	Temas abordados	Aplicações TQ mencionadas
Portugal	Tradicional; mudança de paradigma	Fim do ES	17% do currículo de último ano	Quantização; dualidade; princípio de incerteza	Microscópio eletrónico; radioatividade; fusão e fissão nucleares
Espanha	Tradicional; mudança de paradigma	Fim do ES	30% do currículo de último ano	Quantização; dualidade; princípio de incerteza; determinismo	Física nuclear; radioatividade; fusão e fissão; física de partículas
França	Mudança de paradigma	Fim do ES		Quantização; constante de Planck	
Reino Unido	Física de partículas; QED	Início ES e retomado no fim	28% do currículo de 2 anos	Interferência; difração; dualidade; quantização	Efeito fotoelétrico; microscópios eletrónicos
Dinamarca		1º ano + 2º ano		Física atômica e nuclear	Astrofísica
Suécia		1º ano + 2º ano		Física atômica e nuclear	Astrofísica; estado sólido
Canadá		Último ano (pelo menos)		Física de partículas; quantização	Contribuições canadenses à Física Moderna
Austrália				Física atômica e nuclear	Dualidade; dispersão; espectros
Itália	Tradicional	Fim do curso secundário		Constante de Planck; ef. fotoelétrico; modelos atômicos; dualidade; princípio de incerteza	
Finlândia	Tradicional/experimental			Quantização, física de partículas	Efeito fotoelétrico

**Quadro 4: análise dos currículos do Ensino Secundário**

Fonte: Lobato e Greca (2005)

O quadro 6 mostra que existe uma concentração da TQ no fim do Ensino Secundário, na maioria dos países; que as estratégias de ensino são tradicionais; sendo que os temas mais tratados são quantização, física atômica e nuclear.

Afirmam que muitos conteúdos da TQ já fazem parte dos currículos, então:

“[...] é necessário passar à questão seguinte: qual será a melhor maneira de os abordar? Não se pode ignorar que as tentativas de ensinar TQ a cursos introdutórios, tanto do ES como do Superior [...]”

Na III Conferência Interamericana sobre Educação em Física foi destacada a necessidade de despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano. Nesse caminho, a FMC pode ser uma aliada importante, pois trata de assuntos/temas instigantes ao aluno, provocando curiosidade.

## 2.3 Vertentes representativas para encaminhamento metodológico da FMC no EM, seleção e reorganização curricular

A seleção curricular e sua consequente reorganização vai depender como o professor vai fazer os seus encaminhamentos metodológicos, senão se tornará apenas um amontoado de “títulos” de conteúdos. A forma que será abordada, no caso da FMC, as vertentes dentro do seu PTD, é de fundamental importância, pois definirá dentro do currículo qual a forma com que serão abordados e a importância que será dada a cada conteúdo.

Uma das grandes preocupações de como abordar e inserir a FMC no EM é de não compartimentalizar, ou seja, um anexo a FC. Neste sentido, Ostermann e Moreira (2000) destacam três vertentes representativas para os caminhos metodológicos: **o da exploração dos limites dos modelos clássicos; a da não utilização de referências aos modelos clássicos; e da escolha de tópicos essenciais** (ALVETTI e DELIZOICOV, 1998; TERRAZZAN, 1994; PEREIRA, 1997; CAMARGO, 1996; OSTERMANN e MOREIRA, 2000).

A **exploração dos limites dos modelos clássicos** é baseada nos trabalhos de Gil e Solbes (1996) citados por Ostermann e Moreira (2000), onde os conceitos de FMC tiveram um referencial construtivista de ensino aprendizagem, na perspectiva de mudança conceitual e metodológica. Para isso propõe quatro passos:

1. revisão das principais contribuições da Física Clássica;
2. formação de uma imagem do conceito de matéria compatível com a Física Clássica;
3. reconhecimento de que a Física é uma construção e que pode não resolver alguns problemas relevantes. Reconhecimento, ao mesmo tempo, que a física pré-galileana foi substituída pelo novo paradigma clássico;
4. concepção da Física Clássica como um corpo coerente de conhecimentos que consegue explicar quase todos os fenômenos conhecidos no século XIX, falhando em uns poucos casos. Enumeração destes problemas não resolvidos (OSTERMANN e MOREIRA, 2000, p.27).

A vertente de **não utilização dos modelos clássicos** apareceu em oposição à anterior e são baseados nos trabalhos de Fischler e Lichtfeldt (1992, citado por OSTERMANN e MOREIRA, 2000) da Universidade Livre de Berlim, que consideram o uso de analogias prejudicial, tornando-se um obstáculo à compreensão dos conceitos de FMC.

A **escolha de tópicos essenciais** é uma contribuição de Arons (1990 citado por OSTERMANN e MOREIRA, 2000), da Universidade de Washington, Estados Unidos, que propõe que poucos conceitos de FM devem ser trabalhados no EM. Defende a busca de sustentação na Física Clássica para a abordagem de tópicos de FM.

Com a opção de restringir o número de tópicos passíveis de discussão na escola média, Arons (1990) afirma que existem lacunas na programação escolar pois sempre é preciso “deixar algo de fora” ao organizar-se um currículo. Na abordagem de tópicos de FMC, deve-se buscar na Física Clássica apenas o essencial para que o tópico proposto seja compreendido. De certa forma, a seleção de pré-requisitos permeia esta proposta (OSTERMANN e MOREIRA, 2000, p.28).

Ostermann e Moreira (2000) propõem que a atualização curricular passe por inserir os seguintes tópicos: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, Big Bang, estrutura molecular, fibras ópticas.

Essa seleção de temas propostos por Ostermann e Moreira (2000) evidencia que a FMC não pode ser como um apêndice, apresentada no fim do terceiro ano, depois do eletromagnetismo, devendo ser incorporado durante a apresentação das FC.

Outro problema é aproximar os trabalhos acadêmicos do público-alvo, pois:

“Embora os trabalhos consultados representem o preenchimento de uma lacuna importante que existe em termos de materiais sobre FMC, muitas vezes, alguns pecam por serem muito densos e demandarem conhecimentos prévios que, em geral, o público-alvo não possui (professores de Ensino Médio, pesquisadores em ensino, não especialistas nas áreas)” (OSTERMANN e MOREIRA, 2001, p.136).

Peduzzi et al. (1992) afirmam que existe uma clara falta de sintonia entre a pesquisa em Ensino de Física e a real efetivação em sala de aula dos resultados dessas pesquisas.

Para Rezende e Ostermann (2004), os assuntos da Física Clássica, que já é um saber reconhecido e valorizado socialmente, encontram espaço privilegiado no



tempo didático, enquanto que aos assuntos de Física Moderna e Contemporânea é reservado o último bimestre do terceiro ano.

Isso contrasta com o indicado nos trabalhos de pesquisa, que defendem que os conteúdos de FMC devem estar durante todo o EM e que os alunos têm maturidade para aprender sobre essa temática. Para tanto, é necessário prover condições e subsídios para os professores.

Para Rezende e Ostermann (2005) o contato com inúmeras propostas e recursos didáticos pode possibilitar um passo importante, entretanto ressaltam que não ainda suficiente, principalmente pelas condições de trabalho.

Existem poucas propostas estruturadas com o foco em sala de aula, apesar de ser consensual a importância da FMC (VALENTE, 2009). Nesse sentido, em seu trabalho, apresenta possíveis formas de seleção e organização curricular da FMC no EM.

Além disso, ela analisa organizações temáticas apresentadas em livros didáticos mais recentes, assim como em propostas e discussões de professores e pesquisadores da área do Ensino de Física.

Quanto à análise dos LD, a autora sinaliza que os mesmos não trazem conteúdos suficientes para atingir os objetivos educacionais desejados. Observa que as práticas da educação escolar incorporaram orientações oriundas da pesquisa em ensino e dos documentos curriculares oficiais, entretanto:

“não o fizeram na perspectiva de uma aprendizagem com significado, na qual esses temas ganhem sentido, estejam contextualizados no mundo contemporâneo e promovam competências para uma formação cultural mais abrangente” (VALENTE, 2009, p.176).

Relaciona, ainda, com dimensões científicas, tecnológicas e sociais, categorias estas que emergem da pesquisa da área, onde apresenta e discute duas propostas desenvolvidas pela pesquisadora, ***“E=mc<sup>2</sup>: propostas para a sala de aula”*** e ***“Energia Nuclear: propostas para a sala de aula”***.

As propostas apresentadas por Valente (2009) foram desenvolvidas e apresentadas em cursos de formação continuada para professores de Física do EM.

A proposta curricular da pesquisadora não se configura como uma sequência linear de tópicos utilizando os eixos Ciência-Tecnologia-Sociedade, “[...] organizado na forma de uma matriz, que apresenta três colunas, com diferentes objetivos

formativos explícitos e que necessitam ser articulados com as linhas, de forma a possibilitar diversos percursos” (VALENTE, 2009, p.177).

A contribuição desse trabalho quanto à reorganização curricular baseia-se em que os diferentes passos da matriz em busca dos questionamentos leva a novos questionamentos, necessitando de novos conhecimentos, tornando-se a tríade um fator adicional na seleção de conteúdos, essenciais no sentido de diversificar a aprendizagem.

Rosa e Rosa (2005), por sua vez, discutem os critérios de seleção de conteúdos utilizados pelos professores, no EM. A pesquisa foi feita com 12 professores de Passo Fundo, sendo que cem por cento tem graduação em matemática, por meio de uma entrevista semi-estruturada, onde foi feita apenas uma pergunta abrangente: Quais eram e por que inseriam FMC nos seus planejamentos?

Concluíram que a escolha dos assuntos desenvolvidos em cada série baseou-se nas questões dos últimos vestibulares das universidades próximas. Portanto, não se pode negar que o vestibular tem sido norteador da seleção de conteúdos. Destacam que isso faz sacrificar tópicos que possibilitariam, no processo, melhor compreensão da ciência física.

Os professores entrevistados destacaram que as aulas são na maioria expositivas, com poucas aulas experimentais em laboratório ou usando softwares de demonstração. Finalmente, concluíram que a principal justificativa para a inserção de conteúdos pelos professores se deu pela cobrança no vestibular.

Em sua dissertação de mestrado, Loch (2010) investiga aspectos da atualização curricular em relação a conceitos FMC no EM, a partir da visão e do trabalho desenvolvido pelos professores. Também discutiu obstáculos dessa atualização e as possibilidades de desenvolvimento, desses conceitos em sala de aula. A partir de uma pesquisa qualitativa, utilizou como referenciais a cultura escolar de Forquin, a Transposição Didática de Chevallard, as práticas sociais de referência de Astolfi e Develay e de Mediação Didática de Alice Lopes.

Neste trabalho, foram analisados os Planos de Trabalho Docente. Ela tinha como objetivo a identificação de quais tópicos de FMC eram selecionados pelos professores.

Os assuntos apontados no PTD são: Partículas elementares, dualidade da luz, modelo de Bohr, Efeito fotoelétrico, fissão e fusão nuclear, princípio da

incerteza, radioatividade, forças fundamentais da natureza e relatividade restrita, e ainda nanotecnologia e a teoria de cordas.

Também foi aplicado um questionário e realizada uma entrevista, para conhecer e discutir como estão sendo explorados os conteúdos de FMC pelos professores. Os recursos utilizados pelos professores foram materiais de baixo custo tais como: cartolina preta, fita isolante, CD inutilizado, lâmpada ultra-violeta; e vídeos e simuladores relacionados como os temas.

A pesquisadora parte do princípio que o professor tem participação na constituição do conhecimento escolar, entretanto aparentemente os professores entrevistados não se veem como responsáveis na constituição do conhecimento que ensinam, mas reconhecem o papel que desempenham na organização e estruturação de suas aulas.

Pode-se, ainda, afirmar que eles trabalham numa transposição didática interna quanto à seleção dos conteúdos, tornando-os acessível a seus estudantes, além de precisar criar exercícios e forma de avaliação para esses conteúdos.

Afirma que, nas construções, são observados indícios de criatividade didática e que nessas mesmas construções, no ensino de FMC, verificam que a participação dos alunos é maior, uma vez que os temas suscitam debates, ficando perceptível que a noosfera precisa fazer o papel de transpor o conhecimento acadêmico em conhecimento acessível didaticamente, chamou a atenção da pesquisadora o fato de que, em nenhum momento da pesquisa, foi percebida alguma preocupação da escola com a atualização curricular.

## **2.4 O Ensino de FMC nas orientações curriculares oficiais**

Neste item, abordaremos como os conteúdos de FMC aparecem nos documentos oficiais: os Parâmetros Curriculares Nacionais, os Parâmetros Curriculares Nacionais +, as Orientações Curriculares Nacionais e as Diretrizes Curriculares de Física do Estado do Paraná.

Em dezembro de 1996 ocorreu a promulgação da Lei das Diretrizes Curriculares da Educação Nacional (LDB), na qual consta que o Ensino Médio deve ser uma etapa conclusiva da Educação Básica.

O currículo da Educação Básica (Fundamental e Médio) deve ter uma base nacional comum e complementada por uma parte diversificada, levando em conta características culturais e econômicas do público a quem se destina.

A organização curricular estabelece uma divisão do conhecimento escolar em três áreas: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências Humanas e suas Tecnologias; e Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias.

O Ministério da Educação e Cultura (MEC) divulga, em 1998, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), onde propõe objetivos educacionais para o EM dos conteúdos programáticos da base comum nas três áreas.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) são lançados em 2002 e um segundo volume dos PCN+ Ensino Médio foi lançado em 2006, com o título de Orientações Curriculares para o Ensino Médio, os quais foram distribuídos às escolas em 2007.

As orientações curriculares oficiais norteiam o trabalho pedagógico das escolas e, especificamente, da disciplina de Física. Essas orientações devem ser discutidas pela escola (comunidade, professores, equipe pedagógica, equipe diretiva e alunos) na construção própria do seu Projeto Político Pedagógico (PPP) e dos Planos de Trabalho Docente (PTD) de cada professor, respeitando as opções da comunidade escolar.

As orientações oficiais aqui apresentadas serão os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), Os Parâmetros Curriculares Nacionais +(PCN+), as Orientações Curriculares Nacionais e as Diretrizes Curriculares de Física do Estado do Paraná.

### **2.4.1 Os PCN e os PCN +**

Kawamura e Housoume (2003) observam que o objetivo da escola média é de estar voltada para a formação dos jovens, independentemente da sua formação futura, para que:

“[...] adquiram instrumentos para a vida, para raciocinar, para compreender as causas e as razões das coisas, para exercer seus direitos, para cuidar da saúde, participar das discussões em que estão envolvidos seus destinos, para atuar, para transformar, enfim, para realizar-se, para viver” (p.23).

A partir desta visão geral as autoras destacam que nos LD muitos conteúdos estão ausentes para compreensão do mundo contemporâneo, e destaca que não é somente a FM que não aparece nos LD, como também o funcionamento de aparelhos.

Os PCNs+ se aliam aos PCNs procurando dar um novo sentido ao Ensino da Física, o qual deve ser o

“[...] nível de aprofundamento e as escolhas didáticas dependem das necessidades/realidade de cada escola, por isso é que o projeto político-pedagógico terá que ser uma elaboração coletiva, pois tais decisões ultrapassam o alcance de um professor isoladamente” (p.9, RICARDO, 2003).

Garcia (2008) afirma que existe um consenso no aprofundamento entre professores e produtores de políticas públicas no campo curricular, entretanto reconhece ser difícil encontrar um equilíbrio que possa tanto contemplar aspectos da física cotidiana quanto da atualidade científica.

Segundo os PCN+, as áreas do conhecimento de Ciências da Natureza apresentam características comuns tais como: procedimentos metodológicos, linguagem, modalização, investigação sistemática da natureza e aproximação com a tecnologia. Entretanto, possuem também aspectos próprios e objetos de investigação distintos que as diferenciam.

As Orientações Curriculares Nacionais, através dos PCN+, partem da premissa que o Ensino de Física não é para a formação de físicos, mas sim que a mesma deve ser vista como cultura e possibilidade de compreensão do mundo.

Os PCN+ estão organizados em torno de competências que devem ser atingidas: representação e comunicação, investigação e compreensão, e contextualização sociocultural.

Os PCN+ trazem como sugestão os **temas estruturantes**, os quais articulam competências e conteúdos, apontando para a necessidade de novas práticas pedagógicas.

Os temas sugeridos são sintetizados no quadro 5:

Temas	Unidades temáticas
Movimentos: variações e conservações	Fenomenologia cotidiana, variação e conservação da quantidade de movimento, energia e potência associadas aos movimentos, equilíbrios e desequilíbrios.
Calor, Ambiente, Fontes e Usos de Energia	fontes e trocas de calor, tecnologias que usam calor: motores e refrigeradores, o calor na vida e no ambiente, energia: produção para uso social
Equipamentos Eletromagnéticos e Telecomunicações	fontes sonoras, formação e detecção de imagens, gravação e reprodução de sons e imagens, transmissão de sons e imagens
Som, Imagem e Informação	Aparelhos elétricos, motores elétricos, geradores, emissores e receptores
Matéria e Radiação	matéria e suas propriedades, radiações e suas interações, energia nuclear e radioatividade, eletrônica e informática
Universo, Terra e Vida	Terra e sistema solar, o universo e sua origem, compreensão humana do universo

**Quadro 5: síntese dos temas estruturantes PCN+**

Fonte: autor (2010)

Os PCN+ advertem que essa sequência de unidades temáticas não deve ser entendida como lista de conteúdos mínimos, mas sim como sinalizadores de como o conhecimento físico deve ser trabalhado (BRASIL, 2002).

Destaca, ainda, que cada escola deve organizar e estruturar quais competências devem ser privilegiadas em seu projeto pedagógico, portanto é uma estrutura flexível, uma vez que os critérios para a seleção e estabelecimento de sequências devem “ter como linhas mestras as competências e a necessidade de impregnar de **significado prático e visão de mundo** o conhecimento físico apresentado pelo jovem” (BRASIL, 2002, p.33).

Entretanto, considerando os três anos do EM, algumas ênfases devem ser mantidas, sugerindo um tema por semestre letivo. São possíveis diferentes organizações dos temas ao longo das três séries do EM, exemplificados nas três tabelas seguintes:

	1ª série	2ª série	3ª série
1º semestre	F1. Movimentos: variações e conservações	F3. Equipamentos eletromagnéticos e telecomunicações	F5. Matéria e Radiação
2º semestre	F2. Calor, Ambiente, Fontes e Usos de Energia	F4. Som, Imagem e Informação	F6. Universo, Terra e Vida

**Quadro 6: Exemplo de organização didática 1**

Fonte: BRASIL 2002

	1ª série	2ª série	3ª série
1º semestre	F2. Calor, Ambiente, Fontes e Usos de Energia	F1. Movimentos: variações e conservações	F5. Matéria e Radiação
2º semestre	F4. Som, Imagem e Informação	F3. Equipamentos eletromagnéticos e telecomunicações	F6. Universo, Terra e Vida

**Quadro 7: Exemplo de organização didática 2**

Fonte: BRASIL 2002

	1ª série	2ª série	3ª série
1º semestre	F6. Universo, Terra e Vida	F4. Som, Imagem e Informação	F3. Equipamentos eletromagnéticos e telecomunicações
2º semestre	F1. Movimentos: variações e conservações	F2. Calor, Ambiente, Fontes e Usos de Energia	F5. Matéria e Radiação

**Quadro 8: Exemplo de organização didática 3**

Fonte: BRASIL 2002

Entre os três exemplos de organização dos temas acima apresentados, mudaria o enfoque dado a cada tema, dependendo da série e momento em que são abordados. Na primeira série visa o desenvolvimento de competências investigativas mais simples (fenomenologicamente); na segunda série, visões mais diversificadas e, na terceira série ocorre maior abstração, síntese de visão de mundo, com reflexões com maior profundidade e qualidade (BRASIL, 2002).

Como observamos, em qualquer organização temática que seja escolhida pela escola, a reorganização curricular e a seleção de temas são de vital importância, observamos que no texto do PCN+ fica explícita a necessidade do uso de temas de FMC no tema estruturante Matéria e Radiação. Entretanto, dependendo das opções da escola, poderão, sim, ser abordados outros temas relativos à FMC.

O tema estruturante Matéria e Radiação pode permitir aos alunos compreender a constituição da matéria, fazendo com que os mesmos tenham contato com novos e diferentes materiais (cristais líquidos, por exemplo). Poderá, ainda, tratar do desenvolvimento da eletrônica, circuitos integrados e dos microprocessadores, presentes nos utensílios tecnológicos.

O estudo de **matéria e radiação** é capaz de desenvolver as competências relacionadas com o mundo microscópico, como é o caso quando tratar da matéria com as interações do núcleo e dos seus átomos.

Outro tema estruturante por meio do qual se pode explorar temas de FMC é o de **Universo, Terra e Vida**, onde o aluno poderá ter contato com as competências referentes ao macro, ou seja, pode ser um viés por onde podemos explorar Teoria do *Big Bang*.

A ciência não pode ser vista como um mito, ao contrário, ela se opõe ao mito. Na modernidade, a ciência passou a desfrutar de crença quase divina para a explicação das coisas de ordem prática, incluindo, neste ínterim, a tecnologia. Isso pode levar a uma sociedade tecnocrática, onde os parâmetros técnicos se sobrepõem aos parâmetros humanos e sociais (BRASIL, 1999).

Visando a superação dessa prática, talvez possam

contribuir a filosofia e a história da ciência, juntamente com o enfoque metodológico Ciência, Sociedade e Tecnologia (CTS) e da Alfabetização Científica e Tecnológica (ACE) (BRASIL, 1999).

O uso da história da ciência deve possibilitar que o aluno compreenda a mesma como construção humana, como processo histórico, refletindo as condições sociais, políticas e econômicas de determinada época; podendo enriquecer o ensino e tornar mais interessante seu aprendizado.

#### **2.4.2 Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**

Em 2006, o MEC publicou e distribuiu as Orientações Curriculares para o Ensino Médio, documento este elaborado a partir de discussões realizadas em seis seminários ocorridos em 2004, com a participação de professores e de técnicos das secretarias de educação estaduais, tendo como base textos analíticos das orientações anteriores, especialmente as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNEM) e os PCN e PCN+.

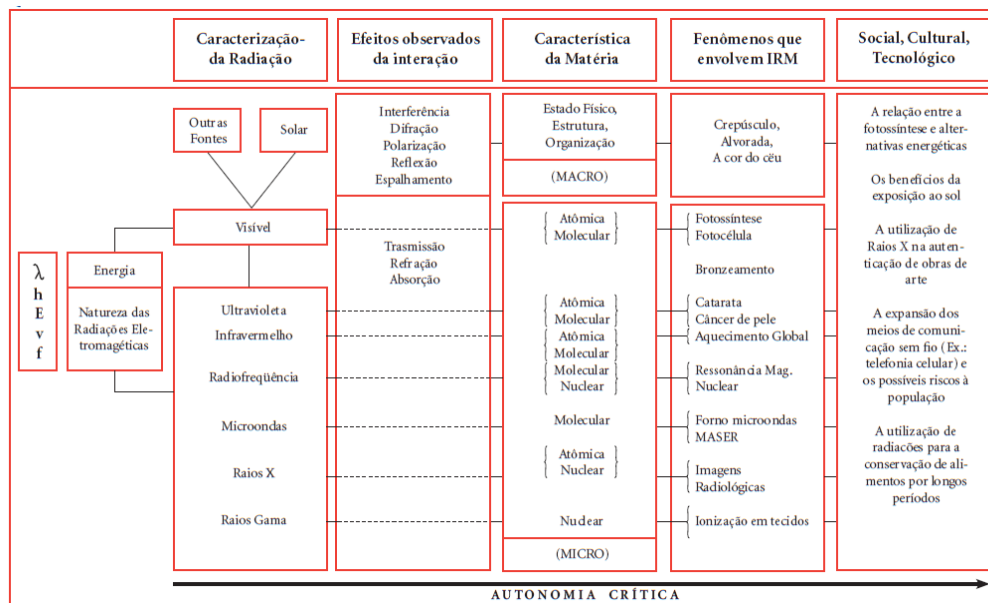


As Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, que orientam a produção dos Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias, destacam como pontos fundamentais: que o mesmo deve ter uma base nacional, que deverá complementar através de uma parte diversificada, visando respeitar as diferenças da sociedade, da cultura, da economia e do próprio aluno; que o currículo deve ter o caráter de superação estanque das disciplinas, permitindo a articulação entre as mesmas, através de uma permanente contextualização e interdisciplinaridade; o currículo deve ser uma construção histórico-social e epistemológica, expressando uma política cultural, onde o professor deve participar da proposta.

As Orientações Curriculares para a disciplina escolar de Física postulam que a mesma deve ser diferenciada da disciplina científica física, devendo possuir uma dimensão investigativa da ciência, na qual a tecnologia deva ser tratada em seu aspecto prático na solução de problemas concretos e não como ilustração; devendo ser contextualizada a partir da interdisciplinaridade, visando desenvolver a competência crítica-analítica e que os conhecimentos físicos constituem-se em uma cultura que devem ser utilizados para a compreensão de mundo.

Os consultores que participaram do processo na disciplina de física se retiraram na fase final, a qual apresentou divergências e supressões da versão originalmente elaborada, em especial no que trata de FM e as que tratam o ensino por competências como um problema de referência dos saberes escolares e de colocar a relação didática em perspectiva, sendo que a versão final foi consolidada pela equipe técnica do Departamento de Políticas de Ensino Médio/SEB/MEC, (RICARDO et al., 2008).

O quadro 9 amplia o tema estruturante **matéria e energia**, apresenta caracterização da radiação, efeitos, características e aplicações tecnológicas.



**Quadro 9: relação entre conteúdos e metodologias**  
 Fonte: (BRASIL, 2006, p.59)

No esquema do quadro 9 apresentam-se algumas possibilidades de tratamento de tópicos de Física Moderna. Tentou-se mostrar as interações possíveis entre os temas, cabendo ao professor organizar e escolher quais assuntos trabalhar em sala de aula e quanto aprofundar em cada um dos conceitos.

Utilizou-se no esquema a Unidade Temática 2 “Radiações e suas Interações” do tema 5 “Matéria e Radiação” sugerida pelos PCN+. Esse esquema pode até parecer uma sequência didática única a ser trilhada pelo professor, entretanto os caminhos a serem seguidos são múltiplos, depende dos objetivos de ensino e das particularidades de cada escola e do projeto político-pedagógico vigente.

O esquema apresenta, na vertical, cinco categorizações: características da radiação; efeitos observados da interação; características da matéria; fenômenos que envolvem a interação com a matéria; social, cultural e tecnológico. Essa categorização não representa uma ordem, mas sim uma organização que pode ajudar a iluminar alguns fatores, negligenciados no ensino tradicional.

### 2.4.3 Diretrizes Curriculares do Estado do Paraná

As Diretrizes Curriculares Estaduais de Física (DCE) foram construídas por professores da rede pública do Estado do Paraná, começando a ser construído a partir do ano de 2003, através de reuniões regionalizadas e subsequentemente através de representantes destes professores em reuniões periódicas, e uma terceira etapa com a contribuição de consultores nacionalmente reconhecidos.

As diretrizes Curriculares Estaduais de Física serão analisadas segundo os seguintes aspectos: avaliação do processo ensino-aprendizagem, encaminhamentos metodológicos, história da Física e o Ensino de Física e os recursos tecnológicos.

As Diretrizes Curriculares Estaduais de Física (Paraná) criticam o cientificismo/academicismo por que este modelo de currículo é uma ramificação do saber especializado, enfraquecendo a possibilidade da construção da perspectiva crítica da educação. Esta visão curricular representa *syllabus* ou lista de conteúdos, que possibilita regular, controlar, assegurar sua inspeção; porém a proposta da DCE propõe um vínculo às teorias críticas da educação e ao uso de metodologias diferentes para ensinar e avaliar.

A seleção dos conhecimentos é feita na escola, “trabalhados numa abordagem histórica e crítica a respeito da constituição das disciplinas escolares, de sua relevância e função no currículo e de sua relação com as ciências de referência” (PARANÁ, 2008, p. 20).

Ainda ressalta a necessidade da interdisciplinaridade, mas não como uma readequação curricular e tão pouco como interdisciplinaridade radical ou antidisciplinaridade, afirmando que as

[...] disciplinas escolares não são herméticas, fechadas em si, mas, a partir de suas especialidades, chamam umas às outras e, em conjunto, ampliam a abordagem dos conteúdos de modo que se busque, cada vez mais, a totalidade, numa prática pedagógica que leve em conta as dimensões científica, filosófica e artística do conhecimento (PARANÁ, 2008, p.27).

O currículo possui como elemento fundamental as abordagens e métodos que respeitem os sujeitos históricos produtores do conhecimento com as experiências sociais (PARANÁ, 2008).

A organização curricular proposta pela DCE de Física é feita em três eixos: Movimentos, Termodinâmica e Eletromagnetismo. Estes são chamados de “Conteúdos Estruturantes”, que devem estar permeados durante todas as séries (PARANÁ, 2008).

O ponto de partida dos conteúdos estruturantes tem como base as ideias e evolução dos conceitos da física, portanto os professores devem esquecer o modelo ditador do livro didático e a simples memorização de modelos, conceitos e memorização; ressaltando a importância do enfoque conceitual (PARANÁ, 2008).

As DCE afirmam que a pesquisa deve fazer parte do processo educacional pois, para que ocorra o enfoque conceitual é necessário que o professor, ao preparar suas aulas, fundamente-se em Epistemologia e História da Física (PARANÁ, 2008).

Para selecionar e abordar os conteúdos de ensino é preciso considerar a sociedade e o contexto histórico em que o conhecimento é produzido. Isso requer considerar as ideias de um cientista à luz do seu tempo e não limitar-se a contar histórias ou lendas (PARANÁ, 2008, p.55)

O Ensino de Física tem como proposta político-pedagógica que a produção científica não é neutra, que as suas ferramentas conceituais são de uma ciência em construção, porém tem uma respeitável consistência teórica (PARANÁ, 2008).

Em cada Conteúdo Estruturante (Movimento, Termodinâmica e Eletromagnetismo) estarão presentes ideias, conceitos e definições, princípios, leis e modelos físicos, que constituem uma teoria.

No que tange a FMC, esse documento ressalta que isso tudo encontra-se presente nos três conteúdos estruturantes, onde destacamos no conteúdo estruturante movimento

A conservação de *momentum* é também um instrumento da Física de partículas, uma importante área da Física moderna, ligada à cosmologia e à teoria quântica de campos, pois as colisões são importantes para o estudo do comportamento, constituição e interações de partículas subatômicas (EISBERG, 1979, apud PARANÁ, 2008, p. 59)

Os conceitos de *momentum* e impulso carregam as ideias fundamentais de espaço, tempo e matéria (massa). Um sistema físico que evolui conduz aos conceitos de *momentum* e impulso e é formado por essas entidades – espaço, tempo e massa. Nesse contexto, também são fundamentais os conceitos de referenciais da mecânica clássica e da relativística. Ainda, a concepção de matéria, tanto da mecânica clássica como da mecânica relativística e quântica, deve ser considerada porque a evolução do conceito de interação depende dessa concepção (PARANÁ, 2008, p.59).

O conteúdo estruturante Termodinâmica trabalha com a teoria cinética das moléculas, utilizando as leis da mecânica newtoniana com relação às moléculas individuais. Propõe uma abordagem qualitativa da equipartição da energia e suas limitações, apresentando um papel importante no desenvolvimento da mecânica estatística e da mecânica quântica, através do conceito de entropia (Boltzmann) que fortalece a hipótese da Terceira Lei da Termodinâmica (PARANÁ, 2008).

Já o conteúdo estruturante Eletromagnetismo trata da teoria de Maxwell, levando em conta também os trabalhos de Planck e Einstein. Para incluir a Física Moderna, é necessário trabalhar o efeito fotoelétrico e a quantização, o comportamento dual da luz, bem como a imutabilidade da velocidade da luz como princípio da relatividade einsteniana.

O professor deve ser o protagonista de sua prática pedagógica, utilizando todas as formas que julgarem importantes para desenvolvê-la, visando com que o seu conteúdo disciplinar seja aprendido pelo educando.

A história da física deve ser trabalhada para mostrar a não neutralidade da produção científica, ou seja, depende das relações externas tais como: sociais, políticas, econômicas e culturais. Ela deve constar do Plano de Trabalho Docente (PTD), visando que o conhecimento físico não ocorre de forma linear, mostrando que é repleto de dúvidas, erros e contradições.

Os conhecimentos científicos podem evoluir a partir das confirmações das hipóteses por evidências experimentais. Tomando como exemplo a experiência de Michelson-Morley, esta tinha como objetivo estudar o movimento da Terra em relação ao éter, a partir de um sistema de referencial fixo, a Terra. Com esta experiência, esperava-se detectar uma diferença entre a velocidade da luz, nos diferentes trajetos, entretanto não tiveram sucesso em seu experimento, mostrando que um experimento nem sempre comprova um modelo, mas às vezes pode apontar os limites para esse modelo (PARANÁ, 2008).

Este fato histórico mostra que as atividades em laboratório não devem ter como meta a apresentação de uma ciência fechada, confirmadora de “verdades”, mas, sim, um espaço de confrontação de hipóteses, sendo esse mais um componente da proposta pedagógica (PARANÁ, 2008).

A cultura escolar é fruto da ciência de base (no caso a Física), organizada através da cultura da escola, que organiza o tempo didático e as regras próprias da

escola e da transposição/mediação didática, que tem o papel de articular o conhecimento de base e a cultura da escola.

Com as orientações dos documentos oficiais para inserir os temas de FMC no Ensino Médio, criou-se a necessidade de uma urgente renovação dos currículos de Física. Uma vez que essa proposta está explícita nos documentos oficiais (Diretrizes Curriculares, PCN), D'Agostin (2008) realizou uma investigação acerca de se e como os professores de Física de rede pública de ensino do Estado do Paraná respondem a estas orientações dos documentos curriculares oficiais.

A autora discute, a partir de Forquin, o plano da doutrina de currículo e por quais critérios deve-se efetuar a escolha dos conteúdos de ensino. Esta escolha é resultado de um compromisso instável entre exigências divergentes, de interesses contraditórios e de ideologias opostas.

A seleção inicial dos sujeitos da pesquisa contou com um total de 58 professores, cuja carga semanal dos professores tende a ser mais que 25 aulas por semana.

Para a seleção dos sujeitos foram entrevistados, pela autora, os docentes que possuíam graduação em Licenciatura em Física, e estar lecionando há pelo menos cinco anos na rede pública de ensino, no nível médio e fazer parte do Quadro Próprio do Magistério.

Dentre os professores que atenderam esses critérios, três se dispuseram a participar como sujeitos da pesquisa, o que demandou deles a elaboração de um plano de trabalho docente, responder a um questionário e conceder uma entrevista. O referencial teórico utilizado foi, nesse momento, a Mediação Didática de Lopes (2007), além dos documentos oficiais.

A pesquisadora verificou que os professores se sentem inseguros para ensinar Física Moderna e Contemporânea, quer por não terem conhecimento suficiente sobre a temática, como também por causa de sua formação inicial e sua formação continuada.

Sanches et al. (2006) discutem a inserção da FMC e colocam algumas reflexões: Qual FMC inserir? Como inserir FMC a partir de livros-textos empobrecedores? A partir de uma formação inadequada nas licenciaturas, carga-horária exígua, etc?

Diante das questões acima, discutem como inserir a FMC numa unidade da Federação, o Estado do Paraná, onde os PCN+ foram excluídos como diretrizes de

uma política de Estado e “novas” diretrizes curriculares foram introduzidas, revisitando currículos aposentados há mais de 15 anos.

Concluem que há diversas dificuldades nesse campo, tais como: formação de professores, escassez bibliográfica e livros didáticos de qualidade duvidosa. Propõem, para que ocorra a superação das mesmas, a utilização uma pluralidade da visão epistemológica, numa construção interdisciplinar e transdisciplinar da ciência. Discutem a necessidade de que ocorra a efetiva chegada dos resultados da pesquisa no universo da sala-de-aula (SANCHES, *et al.*, 2006).

A discussão sobre a importância da FMC no EM é consenso entre os pesquisadores da área de pesquisa em ensino de física, entretanto devemos superar a compartimentalização, reconhecendo-a para a sua superação (KAWAMURA e HOUSOME, 2003).

Nesse sentido, a FMC não deve e não pode ser estudada apenas no fim do terceiro ano do EM. Deve-se, sim, buscar uma abordagem em que o professor, como intelectual crítico, tenha autonomia na sua prática (HIGA e HOUSOME, 2008). Esse deve se ver como responsável pela constituição do conhecimento (LOCH, 2009).

Entretanto, a mudança ocorrerá na superação das dificuldades desde sua formação inicial e formação continuada, passando por um material didático e mudanças estimulantes nos conteúdos, procurando um equilíbrio entre a física do cotidiano e o campo curricular (GARCIA, 2008).

A cultura escolar é fruto da ciência de base (no caso a Física), organizada através da cultura da escola, que organiza o tempo didático e as regras próprias da escola e da transposição/mediação didática que tem o papel de articular o conhecimento da ciência de base e a cultura da escola.

A cultura escolar também é determinada pelas orientações curriculares: nacionais (PCN, PCN+, Orientações Curriculares Complementares), estaduais (DCE). Entretanto a reorganização curricular vai se efetivar através da escola pelo do Plano Político Pedagógico da escola e pelo Plano de Trabalho Docente (PTD).

Apesar de serem consideráveis os números de trabalhos em ensino de FMC e, ainda, os trabalhos que tratam das estratégias pedagógicas didáticas desenvolvidas pelos professores de sala de aula do EM, ainda são incipientes na divulgação em periódicos científicos.

## **CAPÍTULO 3 Os materiais didáticos nos encaminhamentos metodológicos no ensino de FMC**

Aqui serão abordadas as pesquisas que apresentam produção/apresentação de materiais didáticos no Ensino de FMC. Nesta parte da revisão, serão considerados apenas aqueles materiais que foram divulgados a partir de algum artigo, mas cuja utilização em sala de aula não foi explicitada pelos autores, ou seja, apenas artigos caracterizados como produção de materiais didáticos para o ensino da FMC. Na continuidade, são discutidos os encaminhamentos metodológicos de propostas para o ensino de FMC que efetivamente foram aplicados em sala de aula.

### **3.1 Materiais didáticos para o Ensino de FMC**

Como materiais didáticos, entendemos os recursos tecnológicos e experimentais, os livros didáticos, e os demais materiais utilizados no processo ensino-aprendizagem. Nesta revisão, serão apresentados inicialmente os trabalhos que tratam de recursos tecnológicos e experimentais (simuladores e materiais de baixo custo) e, após, os livros didáticos que abordam FMC, concluindo com outros materiais utilizados pelos pesquisadores.

#### **a) Recursos tecnológicos e experimentais**

Para Arruda e Toginho Filho (1991), o alto custo na montagem de um laboratório de FMC pode se apresentar como um obstáculo muitas vezes intransponível. Porém afirmam que, com materiais de baixo custo, podem ser feitos experimentos onde descrevem sucintamente alguns: a produção de altas tensões com a bobina de Tesla; montagem de redes de difração com cds; utilização de lâmpadas comerciais para a obtenção de espectros e o efeito fotoelétrico com lâmpadas comerciais de mercúrio.

Estes experimentos apresentados são demonstrativos que, segundo os autores, podem ser utilizados no Ensino Fundamental e Médio. Apontam duas



funções muito importantes: ajudar na compreensão dos conceitos das teorias da FM e, principalmente, os relacionados com a estrutura atômica e natureza da radiação; e o de introduzir o aluno a técnicas experimentais mais sofisticadas.

Machado (2006) e Machado e Nardi (2006) apresentam um software educacional para o ensino de FMC, desenvolvido utilizando-se os princípios construtivistas de David Ausubel. O *software* traz algumas noções da mudança entre a Física Clássica e a Física Moderna, apresentando também um breve histórico sobre as novas concepções, tais como o projeto Manhattan, que culminou nas bombas nucleares e nas usinas nucleares.

O uso da tecnologia foi muito valorizada pelos estudantes,

“[...] em virtude de o emprego da máquina ter apoiado a aprendizagem e constituído um diferencial em relação às aulas tradicionais. [...] O emprego da multimídia para representar o conteúdo em diferentes formatos pode ter implicado maior facilidade para a efetivação de conexões intencionais, isto é, não-arbitrárias, entre os conceitos a serem assimilados e a estrutura cognitiva, facultando também a melhoria da discriminabilidade destes em relação aos subsunçores presentes” (MACHADO, 2006 p.9).

Cavalcante e Tavoraro (2002), através de recursos experimentais e computacionais, fazem uma proposta da criação de uma aula criativa, interdisciplinar e dinâmica para a compreensão do comportamento dual da luz e suas aplicações tecnológicas. Utilizam dois recursos educacionais: uma simulação computacional e um experimento prático, sendo que cada um deles apresenta resultados aproximados para a constante de Planck.

Na primeira prática, foi utilizado um simulador computacional em espanhol, que permite verificar a dependência da energia cinética dos elétrons emitidos em relação à intensidade da luz incidente e a dependência com o material do emissor. Na segunda prática foi utilizado um experimento prático simples, utilizando LED's (Light Emitting Diode), com objetivo de calcular a constante de Planck.

Os autores destacam que os experimentos virtuais podem ser instrumentos muito úteis na compreensão de conceitos físicos, principalmente quando se tem sérios limites para a utilização da física experimental.

A proposta apresenta o seu ápice quando os alunos utilizam-se de linguagem física adequada e do conhecimento aprendido. Os autores ressaltam ainda que os recursos experimentais podem e devem ser explorados pelos alunos durante a apresentação, que tem como fator motivador a utilização da interdisciplinaridade.

Sales *et al.* (2008), através de um objeto de aprendizagem, baseado na Teoria de aprendizagem de Ausubel, denominado pato quântico, apontam que o mesmo permite explorar, por meio de uma metáfora, o efeito fotoelétrico e o cálculo da constante de Planck. Conclui-se que, mais importante que a operacionalização computacional, é a compreensão do fenômeno físico e suas habilidades de relacioná-lo com a prática desenvolvida.

Ostermann e Prado (2005) analisam o fenômeno de interferência quântica, utilizando um aparato experimental de um programa livre (Muller e Wiesner) análogo ao experimento de dupla fenda, o Interferômetro de March-Zehnder (IMZ). O aparato tem ênfase a Muitos Mundos ou Universos Paralelos, tornando possível a remoção da aleatoriedade e da ação a distância da Teoria Quântica.

Analisam o comportamento da luz nos regimes: clássico (Teoria Ondulatória) e quântico (fótons). Destacam a contribuição do IMZ que mostra de forma mais detalhada a interferência de fóton único e a interpretação de Muitos Mundos. Concluem com a necessidade de discutir a diversidade acerca de aspectos conceituais e epistemológicos da MQ, e afirmam que em cursos de formação de professores essas contribuições são fundamentais para a construção das abordagens didáticas mais conceituais e qualitativas nos processos de ensino-aprendizagem de MQ (OSTERMANN e PRADO, 2005).

Cavalcante e Tavolaro (2001) apresentam oficinas onde é apresentada a construção de materiais de baixo custo, visando discutir fundamentos de FMC. É apresentado, nesse artigo, um equipamento que permite, através de uma metodologia adequada, uma compreensão dos fenômenos de interferência e difração, bem como o comportamento corpuscular da radiação, permitindo o entendimento do princípio da dualidade.

Toledo et al. (2010) apresentam a obtenção de holografias com a utilização de diodos de laser, através de uma instalação portátil, no ensino de física em nível universitário. Este artigo descreve diferentes metodologias e métodos de processamento utilizados para diferentes tipos de emulsões holográficas, apresentando também uma análise dos possíveis defeitos que podem apresentar os hologramas produzidos, visando detectá-los e erradicá-los.

Catelli e Libardi (2010) propõem o uso de um retroprojektor como fonte de luz com uma fenda circular (um CD gravável): este é preso a algum dispositivo de fixação e colocado logo após o espelho do retroprojektor. O anel de luz deve incidir

no CD de forma mais concêntrica possível, ajustando para isso a posição deste. O resultado é notável, apresentando um diâmetro externo e um segundo, de menor diâmetro, sobreposto à imagem. A sala deve estar escurecida e o efeito sobre a audiência fica, segundo os autores, invariavelmente impressionada, tendo o potencial de despertar a curiosidade e, em alguns casos, uma reflexão mais aprofundada sobre o espectro eletromagnético.

## **b) Livro Didático**

O livro didático (LD) de física é um instrumento de vital importância para o ensino-aprendizagem, tanto que o Ministério da Educação e Cultura, no caderno do Plano Nacional do Livro do Ensino Médio (PNLEM) 2009, afirma que:

“O livro destinado ao ensino médio tem múltiplos papéis, entre os quais se destacam: (i) favorecer a ampliação dos conhecimentos adquiridos ao longo do ensino fundamental; (ii) oferecer informações capazes de contribuir para a inserção dos alunos no mercado de trabalho, o que implica a capacidade de buscar novos conhecimentos de forma autônoma e reflexiva; e (iii) oferecer informações atualizadas, de forma a apoiar a formação continuada do professores, na maioria das vezes impossibilitados, pela demanda de trabalho, de atualizar-se em sua área específica” (BRASIL, 2008, p.17).

Nos Livros Didáticos normalmente ocorre uma divisão didática tradicional: Mecânica, Física Térmica, Ondas, Óptica e Eletromagnetismo. Entretanto Terrazzan (1992) discute que esta é apenas uma das possíveis divisões, é que não há nenhuma justificativa explícita dessa estrutura, baseados na estrutura dos Livros Didáticos (LD) estrangeiros do século passado.

Ostermann e Ricci (2002) discutem as abordagens nos livros didáticos em relação à contração de Lorentz-FitzGerald (CLF) e as aparências visuais dos objetos relativísticos quando do trabalho como o tópico de Teoria da Relatividade Restrita (TRR). São utilizados os livros amplamente adotados nas escolas, observando que muitos desses livros não apresentam a TRR e nem sequer outros tópicos de FMC.

Os autores observam que coleções consagradas colocam TRR como um tópico especial, tais como Máximo e Alvarenga (2000) e Fiolhais (1996), sendo que o segundo discute, através de um diálogo entre dois personagens paradigmáticos, a Física pré-relativística e Física relativística. Outros, como Gaspar (2000), apresentam

TRR em um capítulo em separado no terceiro volume, e neste caso a contração é apresentada sem uma discussão adequada, por este motivo alertam para a potencial confusão a que o leitor pode ser induzido (OSTERMANN e RICCI, 2002).

Na coleção de Carron e Guimarães (1999) são dedicadas apenas duas páginas a TRR e os conceitos são apresentados apenas pela formalização matemática, sem uma discussão adequada.

Ainda no mesmo artigo, a obra “*Conceptual Physics*” de Hewitt (1998), apesar de trazer grande material de TRR, apresenta também erros conceituais. Afirmam ainda que os deslizos são relevantes, fundamentados pelo senso comum; também salientam que não se deve omitir, pois reforça as concepções espontâneas, correndo o risco de transformar a educação científica em ficção científica.

Immich (2009), no seu estudo com dois livros didáticos, evidencia a predominância absoluta de situações-problema fechadas de FMC, havendo um equilíbrio entre problemas qualitativos e quantitativos, normalmente internos à própria física, ou seja, sem as ligações ao cotidiano (propostos pelos PCN e Diretrizes Curriculares do Estado). Chega-se à conclusão que o livro 2 (esta coleção tem 3 volumes) apresenta condições mais favoráveis no ensino de FMC.

Sonza e Fagan (2006) fizeram um levantamento sobre ensino/aprendizagem de FMC, analisaram os LD mais utilizados pelos professores e os currículos básicos das escolas nas quais trabalhavam da região de Santa Maria – RS. Participaram da pesquisa 20 professores (12 formados em física e 8 em matemática, com habilitação em física).

Dos que eram graduados em física, quatro tiveram contato na graduação com FMC. Os graduados em matemática não tiveram contato algum com FMC e apenas dois se arriscavam trabalhar superficialmente com temas de FMC (dualidade onda-partícula e noções de relatividade) e dos graduados em física, quatro também trabalham superficialmente o temas sugerido PEIES (Programa Experimental de Ingresso ao Ensino Superior da Universidade Federal de Santa Maria - RS) e um não trabalha.

Os dois grupos concordam que os LD não tratam adequadamente os temas, verificaram que todos os professores seguem fielmente o currículo básico proposto pela Universidade (PEIES) e concluem que estes fatores (formação e material didático) são fatores limitantes para a inserção de FMC (SONZA e FAGAN, 2006).

Ofugi e Pietrocola (1999) apresentam uma análise sobre a Transposição Didática da Teoria da Relatividade Restrita nos LD de Ensino Superior, bem como nos textos de divulgação científica (Revista Super Interessante), estabelecendo uma relação entre estes dois e discutem a forma como o assunto é tratado nos LD do Ensino Médio. Neste último, apesar de ter um compromisso didático, o assunto específico tem apenas um caráter informativo, em detrimento ao formativo. Os autores consideram que os artigos de divulgação científica analisados acrescentam melhor a TD.

### **c) Outros materiais**

Ostermann e Cavalcanti (1999) apresentam um trabalho desenvolvido na forma de um pôster colorido elaborado em tamanho A1 (84,1 cm 59,4 cm) que pode ser utilizado como material didático para a incorporação, na formação inicial e continuada de professores, de um tema atual de Física: partículas elementares e interações fundamentais. Esse pôster foi criado a partir da tradução e adaptação de materiais do *Contemporary Physics Education Project* (Califórnia, Estados Unidos, 1998) e do curso *Topics in Modern Physics*, organizado pelo Fermi National Accelerator Laboratory (Illinois, Estados Unidos, 1995).

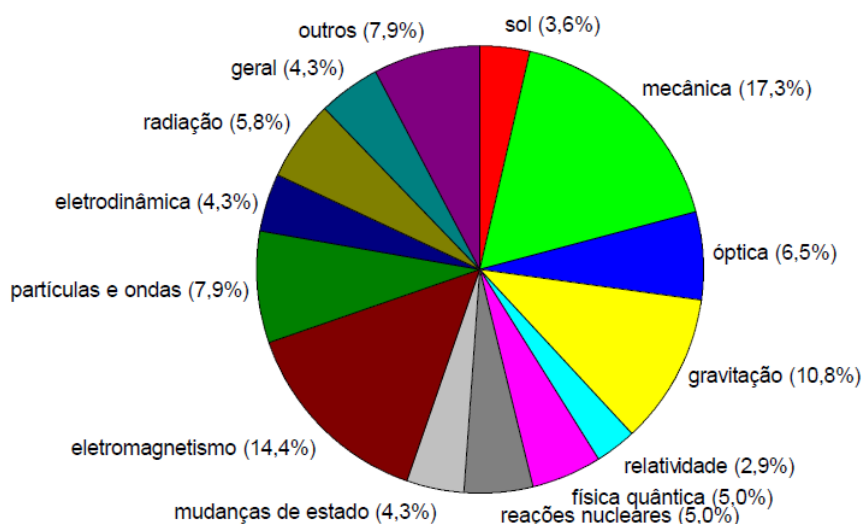
Alveti (1999), com base na premissa de que existem poucos materiais didáticos em FMC, articula uma alternativa de utilização pedagógica do material de divulgação científica, em particular a revista *Ciência Hoje*, editada pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência desde 1982, destacando que a escolha desta revista ocorreu devido à qualidade da informação, à confiabilidade da autoria dos artigos e ao perfil editorial. Propõe que esse material seja utilizado na formação inicial e continuada de professores em FMC, como também subsidiar a inserção no Ensino Médio.

Nesse estudo, o autor levantou 199 artigos que tratam de FMC, desde 1982 até 1996, que foram caracterizados através dos aspectos de conceituação e da linguagem envolvidos, tendo em vista o seu uso pedagógico. Para tanto, foi feita uma análise documental em uma perspectiva qualitativa, especificamente pela

análise de conteúdo, que constou de três etapas: pré-análise, exploração e tratamento do material, e interpretações.

O autor apresentou a figura 4 como síntese dos assuntos tratados nos artigos pesquisados.

**Gráfico 1: distribuição dos assuntos da física escolar presentes nos artigos da amostra**



Fonte: Alvetti, 1999, p.99

Cada artigo poderá estar sendo representado em mais de um ítem, estando todos associados a conhecimentos de FMC, pois quando se refere por exemplo, a mecânica ou eletromagnetismo, não está se referindo necessariamente a FC. No item 'outros', estão os assuntos: termodinâmica, circuitos elétricos, aparelhos elétricos, lei de Ohm, ligação química, ciclo da água e calor.

Existem elementos que, segundo o autor são muito importantes na escolha de um artigo de divulgação científica para utilização didática: a confiabilidade na autoria do artigo; a relação entre o assunto abordado no artigo e sua contextualização num programa ou explanação escolar; que a linguagem apresentada no artigo seja técnica ou matemática, implícita ou explícita; e a relação do artigo com a programação escolar seja planejada.

Inferiu que, para utilização em cursos de formação de professores, seja na formação inicial ou continuada, necessitam que sejam escritos por autores reconhecidos pela comunidade científica, sejam cientistas ou não; assunto(s) da ciência física abordado(s) no artigo deve(m) ser coerente(s) com a ementa do programa escolar que se pretende explorar; a linguagem técnica deve ser acessível e a linguagem matemática deve estar presente, somente para facilitar o

entendimento do conceito abordado, evitando um formalismo mais avançado; e deve apresentar possibilidades de ser inserido de forma sistemática numa programação escolar.

Caruso (2009) apresenta um projeto de ensino através de sete tirinhas originais de histórias em quadrinhos, que pode ser utilizado por professores no EM, como suporte de uma abordagem lúdica da FM, evidenciando as contribuições de Albert Einstein aos conceitos de tempo, espaço, massa, simultaneidade e energia, conceitos esses que são a base de uma importante revolução: a Teoria da Relatividade.

O trabalho iniciou-se nas atividades da oficina *Educação através de histórias em quadrinhos e tirinhas*, do Instituto de Física da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. A meta principal era o ensino de procedimentos didáticos não formais, com ênfase na criatividade no campo pedagógico. Uma das principais vantagens do procedimento é o de abordar um assunto como a Teoria da Relatividade sem recorrer à matematização do fenômeno.

## **3.2 Encaminhamento metodológico**

Apresentamos aqui as pesquisas que discutem encaminhamentos didáticos de temas de FMC, ou sejam que foram desenvolvidos de alguma forma no ensino superior, ensino médio ou no Ensino Fundamental. Serão ressaltadas as estratégias metodológicas, os materiais utilizados e avaliação do processo ensino aprendizagem.

### **3.2.1 Encaminhamentos didáticos no ensino superior e curso de formação continuada.**

Em relação ao ensino de FMC no Ensino Superior, apresentamos trabalhos que envolvem licenciandos em física.

Barros e Bastos (2007) utilizaram ciclo de Kelly (baseado na Teoria de Construtos Pessoais), o qual consta de cinco etapas: antecipação, investimento, encontro de confirmação/desconfirmação e revisão construtivista. A pesquisa foi desenvolvida com 15 licenciandos em física da Universidade Estadual da Paraíba (5 de FM e 10 de Mecânica Quântica) visando verificar *as mudanças* que ocorrem nas concepções sobre difração de elétrons.

O trabalho foi desenvolvido através da aplicação de pré-teste, pós-teste e entrevista, com 10 reuniões de duração de duas horas para a realização da oficina baseada no ciclo de Kelly. Logo após a aplicação do pré teste, 3 alunos da MQ desistiram de participar da oficina. Os autores afirmam que tanto os alunos de FM e Mecânica Quântica (MQ) apresentavam os mesmos erros conceituais.

Nas demais etapas foram aplicadas com os sete alunos de MQ. Estes mostraram que sofreram mudanças na direção de articulação entre as visões corpuscular e ondulatória da matéria. Foram utilizados experimentos concretos e virtuais que, segundo os autores, foram relevantes.

Souza et. al. (2010), em uma turma de licenciatura em física, investigou se o pensamento transdisciplinar pode contribuir para a compreensão do princípio de dualidade da luz. Como metodologia, utilizou o ciclo da experiência de Kelly, onde foram utilizados três experimentos: a cuba de onda, a dupla fenda de Young e o radiômetro de Crookes. Partindo desses experimentos, discutiram-se as propriedades ondulatórias e corpusculares. Foi feita posteriormente uma oficina sobre transdisciplinaridade, com intuito de discutir a lógica do terceiro excluído pois, segundo os autores, esta se adéqua, pois a luz se comporta como onda e como partícula.

O ciclo de Kelly constitui-se em: antecipação, investimento, encontro, confirmação ou desconfirmação e revisão construtiva. Na antecipação, foi pedido ao grupo que respondesse a um questionário inicial que novamente foi aplicado na etapa de revisão construtiva.

Participaram deste estudo oito alunos, entretanto apenas três participaram durante todo o ciclo da experiência. Após o primeiro experimento, foi utilizado um *software* “wave-interference” que tinha como objetivo motivar a discussão sobre os fenômenos envolvidos e logo após os alunos responderam a questão aberta: “Sua forma de conceber o conceito vivenciado mudou em quê após o experimento?”.



No segundo experimento, o da dupla fenda, objetivava-se que analisassem o comportamento ondulatório de uma onda luminosa (laser) nos fenômenos de difração e interferência. Novamente foi utilizado o *software* “*wave-interference*” e novamente solicitado que respondessem à mesma questão anterior.

No terceiro experimento, foi utilizado o radiômetro de Crookes, que consiste em quatro hélices que podem girar em torno de um ponto vertical com pouco atrito, e que é encapsulado por um invólucro de vidro, sendo que o ar é parcialmente retirado por uma bomba. As hélices possuem tons claros (prata) e escuros (preto) alternadamente, as quais começam a girar quando incide luz de qualquer natureza. O objetivo deste experimento foi analisar o efeito da quantidade de luz e explicar o funcionamento do moinho de luz. Após a realização deste experimento, foi exibido o vídeo “Dr. Quantum” e a mesma questão foi solicitada para que respondessem.

Os autores apresentam para este trabalho as seguintes conclusões: (i) as concepções prévias dos alunos eram desprovidas de lógica que respaldasse tal princípio; (ii) os experimentos e a oficina contribuíram para que os alunos compreendessem o princípio da dualidade da luz.

A pesquisa de Pereira et. al. (2009) visou compreender a concepção dos futuros professores de física acerca da dualidade onda-partícula. Os pesquisadores aplicaram um teste com dezesseis questões, a quatorze alunos da sétima etapa do curso de licenciatura de física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS), no segundo semestre de 2007, os quais já haviam cursado disciplinas básicas da TQ.

Os autores chamam a atenção

“[...] para a importância de se investigar, cada vez mais, o ensino de FQ na formação inicial de professores. Somente a partir de uma sólida formação conceitual dos professores de física poderemos implementar com êxito possíveis transposições didáticas de fundamentos de FQ no ensino médio” (PEREIRA et al., p.83) .

O que Pereira et al. (2009) concluíram com a análise das respostas dos estudantes mostrou que, apesar de todos terem demonstrado conhecimento acerca do comportamento dual dos fótons, muitos deles não conseguem reconhecer com clareza quais são as situações em que o fenômeno é essencialmente corpuscular ou tipicamente ondulatório.

Já Valente et al. (2006) relatam uma experiência de formação continuada de professores, através de um curso que foi dado em duas etapas, uma intensiva de 21h e outra extensiva, através de 3 oficinas de 3h cada, ao longo do semestre, sendo que o tema escolhido foi a equivalência massa-energia

Destaca que tal curso não é uma proposta curricular, mas sim uma proposta pontual, tendo com um dos principais referenciais teóricos o da Transposição Didática.

O curso foi organizado através de quatro etapas: identificação dos saberes científicos; identificação de textos de saber (textos que discutiam o fenômeno) ou de propostas de ensino do tema; reelaboração/reconstrução do saber a ser ensinado e os módulos didáticos para professores.

Fagundes et al. (1996), através de uma abordagem introdutória à Física Quântica, explorou a dualidade onda-partícula utilizando a concepção da complementaridade de Niels Bohr, sob a óptica epistemológica de Gaston Bachelard.

No primeiro momento, foi oferecido um curso de extensão universitária a 33 professores<sup>5</sup> da rede pública (ciências e física) de primeiro e segundo graus<sup>6</sup>, de Introdução Conceitual de Física Quântica, com uma carga horária de 30 horas aula.

A estrutura do curso foi constituída sobre o conceito de “dualidade onda-partícula”, a partir da ondulatória, fazendo um paralelo entre a teoria clássica e a teoria quântica. É utilizado o interferômetro de Mach-Zehnder, montado pelos autores. Após aplicação do referido curso para os professores, os autores apontam algumas implicações para o ensino: 1) possibilidade de revisitar conceitos de óptica clássica; 2) reconstrução da FC a partir da FQ; 3) uma nova visão da história da ciência; 4) ruptura curricular e metodologia no ensino; 5) uma visão da ciência como processo; 6) coexistência de interpretações conflitantes; 7) construção racional da sociedade; 8) proximidade do ensino de física e a pesquisa em física; 9) incorporação da FM na visão de mundo contemporânea; e 10) a física como elemento da cultura.

Cavalcante e Tavoraro (2001) em uma oficina que construíram materiais de baixo custo para compreensão de fenômenos de interferência e difração, o

---

<sup>5</sup> Os autores sinalizam uma possível adaptação dessa abordagem para o alunos (EM).

<sup>6</sup> Atualmente denominados de Ensino Fundamental e Ensino Médio.

comportamento corpuscular da radiação. Os conteúdos são trabalhados, inicialmente, com a concepção espontânea que cada indivíduo traz sobre possíveis diferenças entre onda e partícula. A partir da manifestação de cada turma é provocada uma discussão sobre a questão da energia carregada por cada um dos comportamentos. Mostram que: a energia de uma onda se propaga, enquanto na de partículas, a energia é concentrada no local onde a mesma estiver; a energia propagada por uma onda é proporcional à amplitude desta onda ao quadrado (usando normalmente uma corda transmitindo pulsos de intensidades diferentes); e ondas se interferem e as partículas se colidem.

No momento seguinte, são discutidos os diferentes tipos de ondas existentes, especialmente as ondas eletromagnéticas, quando são apresentadas cinco atividades.

Na primeira atividade, faz-se um estudo das condições necessárias para obter interferência construtiva. Nesta atividade, utilizou-se uma lanterna (parte I), uma caneta laser, fendas de espessuras distintas, um fio de cabelo, cílios postiços, pena de galinha ou pente de piolho; uma rede de difração de 100 fendas por cm e uma rede de difração de 530 fendas por mm.

Na parte I, começa-se com a pergunta: Observe a luz de uma lanterna, projetada na parede. Porque vemos anéis claros e escuros? Mostrando a interferência construtiva, teremos anéis claros, e interferência destrutiva, os anéis serão escuros.

Na parte II, através de imagens projetadas na parede, utilizando os materiais com o feixe de luz da caneta laser, pergunta-se: qual a condição necessária para ocorrer a difração da luz? Possibilita-se, assim, verificar a difração para diferentes distâncias entre fendas.

Na atividade 2, é medido o comprimento de onda utilizando transparências que simulam ondas esféricas, usando lâmpadas de retroprojeto e uma rede de difração. Na atividade 3, é feita a observação espectral utilizando um CD e o feixe de luz de uma lâmpada de filamento de uma lanterna. Pode-se observar o espectro contínuo da radiação na forma de anéis; esta prática variando-se filtros vermelhos, verdes e violetas.

Na atividade 4, são estudados os efeitos produzidos pela incidência de luz em alguns materiais, utilizando-se a lâmina sensora de uma calculadora solar conectada a um led em seus eletrodos. Havendo luz sobre o sensor, o led acende. Utilizou-se

um LDR como sensor fotoelétrico e foi construído o que foi chamado espectrofotômetro caseiro.

Na atividade 5, foi utilizado um *software* de simulação para verificação da experiência de G. P. Thomson, desenvolvido na PUC/SP por Mario Fontes, onde temos duas condições diferentes, obtidas para tensão aplicada entre ânodo e cátodo, com comprimentos de onda distintas para a onda associada ao elétron.

Destaca-se, como uma conclusão, que nunca poderemos comprovar simultaneamente os comportamentos ondulatórios e corpusculares de qualquer ente físico sem que haja a interferência do observador sobre o sistema, gerando assim o Princípio da Incerteza de Heisenberg.

### **3.4.2 Encaminhamentos didáticos na Educação Básica**

Aqui serão apresentados artigos que relatam os encaminhamentos didáticos desenvolvidos no Ensino Médio, com diferentes abordagens tais como: histórica-filosófica, perfil epistemológico de Gaston Bachelard e perfil conceitual de Mortimer.

SILVA (2009) trabalha com o terceiro ano do EM com duas atividades práticas que fazem parte de uma sequência de Ensino de Física Moderna. Na primeira prática os alunos, através da observação e utilizando o auxílio de espectroscópios construídos com redes de difração (de CD), analisam os espectros da luz que provêm de determinadas lâmpadas; já na segunda prática buscam identificar quais elementos químicos estão presentes em algumas estrelas, utilizando para isso a comparação dos espectros hipotéticos com espectros de alguns elementos químicos.

Em seu trabalho de pesquisa visa analisar “se” e, caso ocorra, “como” os alunos se apropriam das linguagens científicas e de termos técnicos durante a realização das duas atividades práticas, bem como a presença de indicadores da Alfabetização Científica. Para tanto utiliza o Modelo de Toulmin (1958), Van Eemeren et al. (1987) e adaptações para esses modelos em trabalhos como os de

Jiménez Aleixandre (1998), Villani e Nascimento (2003), Capecchi (2004) e Carmo (2006).

As análises foram feitas a partir das transcrições das aulas gravadas em DVD. Foram utilizados como instrumentos de análise: as linguagens científicas presentes; a presença de estruturas de argumentação; indicadores de Alfabetização Científica; apropriação de termos técnicos; envolvimento dos alunos com a atividade; e verificação da presença ou não de conceitos nas linguagens dos alunos.

A participação nas duas práticas foi excelente. Quanto às linguagens, a oral tem predomínio, tendo também destaque a gestual, porém dependendo das circunstâncias. Na utilização dos termos técnicos, ficaram confusos e, na apropriação conceitual, ficou inconclusivo; no parâmetro da argumentação científica aparece relativamente melhor.

Pela natureza da atividade e a ausência de perguntas que levem ao desenvolvimento da argumentação, predominam os indicadores “organização” e “classificação” e o indicador “justificativa” aparecendo nas estruturas mais elaboradas de fala.

Estas práticas, por terem características dinâmicas, conseguiram um excelente nível de envolvimento por parte dos alunos e isso, com certeza, contribuiu muito para a apropriação das linguagens científicas.

Guerra et al. (2007), através de uma abordagem histórico-filosófica da ciência em um estudo de caso, propõem a inserção do estudo das teorias da relatividade restrita e geral na primeira série do ensino médio. Utilizou o filme “O nome da rosa” (1986), dirigido por Jean-Jacques Annaud e, após sua projeção, promoveu um debate sobre o nascimento das ciências modernas, situando assim a obra e vida de Galileu Galilei.

Logo após, os alunos foram divididos em grupos para responder a seguinte questão: “o princípio da equivalência e as transformações de Galileu possuem limites, ou são válidas para quaisquer casos?” (GUERRA et al., 2007, p.577). Os alunos deveriam procurar exemplos concretos e, ao final, cada grupo deveria apresentar suas conclusões perante a turma, momento em que o tempo e o espaço foram priorizados.

Os autores afirmam que muitos caminhos poderiam ser utilizados, entretanto um dos encontrados foi relacionar a física com a arte. Foram utilizadas várias imagens e afrescos produzidos durante a Idade Média. Os alunos selecionaram uma

das imagens para trabalhar, sendo que deveriam apresentar os resultados através de um painel, contendo imagens e pequenos textos, onde o primeiro deveria prevalecer.

Depois foi feita uma viagem histórica aos fins do século XIX, chegando à Teoria da Relatividade Restrita (TRR) e à Teoria da Relatividade Geral (TRG). Novamente os grupos formados deveriam tratar entre sete temas: Albert Einstein antes de 1905, reflexões sobre tempo e espaço em fins do século XIX e início do XX, a teoria da relatividade restrita, o efeito fotoelétrico, a relatividade geral, Albert Einstein após 1905 e Einstein e a bomba atômica.

Visto que o professor percebeu um pouco de dispersão na primeira apresentação, propôs que cada grupo escolhesse uma forma diferente de apresentar seus resultados, onde a criatividade foi surpreendente, indo desde teatro a gravação de vídeos.

Esses autores sugerem, enfim, que um trabalho interdisciplinar pode ser uma estratégia para a superação dos pré-requisitos necessários aos conceitos de FMC e concluem que deve utilizar os conteúdos integrados ao seu trabalho pedagógico, não configurando um apêndice.

Esses mesmos autores, em um artigo de 2010, aprofundam a discussão sobre a abordagem histórico-filosófica, pois a contextualização possibilitará aos alunos a discussão de um conteúdo que traz questões bem diferentes daquelas por eles aprendidas com o senso comum.

Discutem que a formação do professor e a relação tempo x conteúdo no EM dificulta, entretanto não inviabiliza o processo. O professor deve situar-se nessa abordagem sem as simplificações indevidas, para tanto o mesmo deve discutir diferentes saberes, entrelaçamento entre saberes para trabalhar a FMC de forma contextualizada.

Pinto e Zanetic (1999) questionam a possibilidade de levar física quântica para o Ensino Médio, utilizando como referencial a noção de perfil epistemológico de Gaston Bachelard. Apresenta uma experiência desenvolvida em duas turmas de segunda série de uma escola da rede pública de Guarulhos.

O tema utilizado na forma de um mini-curso foi a natureza dual da luz, embasado na história e na filosofia da ciência, tanto como conteúdo específico quanto como estratégia educacional. Verificaram que, na aplicação dos testes, o pré e pós, que os alunos apresentam algumas limitações, e sugerem que a utilização da

entrevista possivelmente poderá trazer mais benefícios para traçar o perfil epistemológico. Quanto à questão levantada, acerca da possibilidade de ensinar FQ no EM já no título do artigo, afirmam acreditar que a maioria aprendeu, e que

“A ampliação desse estudo a outros conceitos e em outros domínios pode mostrar a significativa contribuição da História e da Filosofia da ciência para a constituição de um moderno ensino de Física para o Ensino médio e para mostrar que *a Física Quântica também é Cultura*” (PINTO E ZANETIC, 1999, p.21).

Karam et al. (2006), em seu trabalho, usa uma metodologia tendo como referencial teórico o perfil conceitual proposto por Mortimer (1995). Partindo deste enfoque conceitual, utiliza experiências mentais, vai envolvendo os alunos num novo pensar, levando-os a refletir mais sobre os estados de movimento, os seus referenciais, as suas composições de movimentos, dando uma estratégia inicial para a inserção dos conceitos de relatividade.

Essa sequência foi concebida em dez encontros, cada um de duas horas/aula. No primeiro momento, identificaram as pré-concepções dos estudantes acerca do conceito de tempo, segundo Martins e Pacca (2005), que depois foram substituídas pelo perfil conceitual de Mortimer (1995), por julgá-lo mais adequado nas categorizações:

“TP - Tempo psicológico: noção da passagem do tempo dependente da situação e do sujeito. Realidade subjetiva.  
 TC - Tempo cronológico: tempo quantificado em unidades que se repetem periodicamente; horas, minutos e segundos medidas pelo relógio (empirismo). Independente de sensações, realidade objetiva.  
 TN - Tempo absoluto de Newton: o tempo fluui homogênea e uniformemente de maneira independente do referencial e da matéria. A marcha inexorável do tempo.  
 TQ - Tempo discreto: noção da passagem do tempo em quadros, pressupondo um instante como indivisível.  
 TD - Tempo determinístico: noção de uma ordem pré-determinada e imutável, associada na concepção de destino.  
 TI - Tempo e probabilidade: incerteza, particularmente quanto ao futuro.  
 TR - Tempo relativístico: engloba o conhecimento da dependência da medida do tempo em função do estado de movimento do referencial” (p.375).

Em relação às atividades desenvolvidas em sala de aula, foram destinadas quatro horas/aula para uma abordagem histórico-filosófica do conceito de tempo e das diversas maneiras de medi-lo. Foram utilizados vídeo “Tempo: o Eterno Movimento” do Discovery Channel e a discussão de duas músicas.

Nas duas aulas seguintes, um breve histórico da marcação do tempo foi exposto. Ao final da intervenção de ensino, duas aulas, foi aplicado um pós-teste elaborado com questões semelhantes às do instrumento inicial, assim como outras, de natureza metacognitiva, junto aos estudantes da amostra analisada.

Para compreender esses novos fundamentos, Karam realizou questionários e observou que a grande maioria dos alunos desenvolveu melhor a interpretação de problemas físicos, correlacionando-os.

Silva e Kawamura (2001) apresentam uma experiência didática envolvendo alunos da segunda série do EM, da rede pública paulista, dando ênfase à natureza da luz, utilizando textos de divulgação científica.

Os autores consideram em sua pesquisa como textos aqueles que são impressos (livros, artigos científicos para leigos, reportagens de jornais e revistas, notícias e perguntas de leitores).

Utilizando-se de uma abordagem da programação tradicional, foi trabalhada a ótica geométrica (espelhos, lentes e reflexão) e alguns fenômenos da ótica física (difração e interferência), nas quais foi acrescentada e enfatizada a natureza da luz (dualidade onda-partícula).

A “estratégia de pergunta” foi utilizada em dois momentos (perguntas iniciais e perguntas finais) feitas em conjunto pelos alunos e professor. Essas perguntas foram caracterizadas em: definição da luz, natureza da luz, associação luz-eletricidade, associação luz-vida e fenômenos óticos. Após as perguntas iniciais foram distribuídos textos de divulgação científica selecionados pelos autores, onde os alunos foram divididos em seis grupos para apresentação de um seminário. Após a apresentação desse seminário, foram feitas as perguntas finais, quando foi observado que as respostas estavam mais elaboradas (SILVA e KAWAMURA, 2001).

Os autores ressaltam, como aspecto extremamente positivo, o diálogo estabelecido em sala de aula, que os próprios alunos apontaram através de uma auto-avaliação, porém alertam que os textos devem ser criteriosamente escolhidos pelo professor, mas utilizando um diálogo entre aluno e professor. Apontaram também que muitos alunos reclamaram do tamanho dos textos, ressaltando uma necessidade de mais leitura nas aulas de Física, e que as dificuldades destas leituras devem ser supridas pelo professor, através de novas atividades e utilização de experiências e leitura também do LD (SILVA e KAWAMURA, 2001).



Kiouranis et al. (2010) fazem uma revisão de artigos de experimento mental com fins educacionais, e apresentam estas experiências como uma alternativa na aprendizagem de fenômenos difíceis de ser observados em condições de laboratório físico.

Souza e Dantas (2010) sugerem temas alternativos em física nuclear que podem ser debatidos em nível conceitual no EM, onde o foco principal reside na importância histórica e tecnológica de tais fenômenos na sociedade. Discutem as motivações educacionais, tais como o papel de destaque no cenário científico atual ou de produção de energia elétrica; fazem uma retrospectiva histórica da estrutura da matéria.

A dinâmica nuclear é um mecanismo complexo, para tanto apresenta breve um número delimitado de fenômenos escolhidos pela sua indiscutível importância: decaimento alfa e transmutação nuclear; decaimento beta; efeito Mössbauer; força nuclear forte; fissão nuclear; enriquecimento de urânio; reatores nucleares e fusão nuclear.

Concluem que o trabalho propondo a possibilidade de temas, que apresentam um formalismo matemático demasiadamente complexo da Física Nuclear a serem tratados no EM, não perdendo a generalidade prática, contribui para a construção de uma mentalidade dinâmica e criativa do aluno.

A estrutura conceitual e filosófica dos fenômenos pode ser mantida se recorrer a fórmulas matemáticas, e sempre que possível expondo aplicações práticas no cenário científico-econômico atual. Sugere, para isso, a utilização de recursos como animações e vídeos.

A proposta didática de Física das partículas elementares apresentada por Siqueira (2006) visa discutir de forma atualizada e mais detalhada a estrutura da matéria, através da utilização de textos que foram adaptados a uma linguagem apropriada aos jovens e com atividades que permitem a compreensão dos conceitos estudados.

A física no ensino fundamental é normalmente trabalhada na oitava série<sup>7</sup>, na disciplina de ciências e apresenta conteúdos de FC, entretanto os dois trabalhos aqui apresentados, sendo que o primeiro aborda TRE através de Mudança Conceitual e o segundo, a Fissão Nuclear através de uma abordagem no contexto

---

<sup>7</sup> Pela nova denominação novo ano do Ensino Fundamental.

histórico, nos permitem refletir boas estratégias didáticas, diferentes da cultura da física escolar tradicional, visando abordagem de FMC neste nível de ensino.

Arruda e Villani (1994) apresentam síntese do Modelo de Mudança Conceitual (MMC) de Posner, Strike, Hewson e Gertzog (1982), um dos principais modelos, considerando com um pouco mais de detalhes o uso do modelo para estudar as dificuldades em se promover uma mudança conceitual no ensino de ciências, no Ensino Fundamental, em um conteúdo sofisticado da física moderna: a teoria da Relatividade Especial de Einstein (TRE).

Os autores apresentam algumas dificuldades em relação a MC no ensino de TRE tais como: inteligibilidade global da teoria, inicialmente não plausível, devido principalmente à natureza contraintuitiva de seus postulados, o conteúdo é sofisticado, o que dificulta a utilização de certas estratégias.

Como colocado por Hewson (1982), se eles quiserem fazer parte da comunidade dos físicos, têm de aceitar a teoria. Podemos dizer que nesse caso a TRE coloca-se à sombra dos conceitos existentes, o que não é do ponto de vista de uma aprendizagem significativa, uma boa razão para a aceitação definitiva da teoria (embora seja uma atitude racional por parte do aluno).

Em uma abordagem no contexto histórico do Projeto Manhattan (1941-1945), Samagaia e Pietrocola (2004), aplicam um módulo de ensino produzido, testado e analisado, procurando problematizar um evento importante vinculado à Física moderna: o desenvolvimento e utilização das bombas nucleares que destruíram Hiroshima e Nagasaki.

Ocorreu a preocupação de manter os estudantes como centro das atividades em sala de aula. Para esta nova prática foi escolhida a perspectiva do enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) no ensino de ciências, vindo ao encontro do que os PCN propõem e ACE (Aprendizagem Centrada em Eventos), sugerindo uma discussão contextualizada do conhecimento científico.

Entre os conteúdos de ciência contemplados estão a fissão nuclear, a radiação, a pesquisa e o uso de armas químicas e biológicas e a energia a partir de uma situação problema propiciada pela técnica psicoterápica RPG (*Role Playing Game* ou Jogo de Papéis).

O módulo foi estruturado para as aulas de ciência em classes da 8ª série do Ensino Fundamental e sua aplicação aconteceu em uma escola da rede pública estadual da cidade de Florianópolis. Ficou a cargo do professor, sugerido pela

direção da escola, a escolha da turma sem nenhum critério específico, a não ser o de uma maior conveniência nos horários das aulas.

A questão central envolveu a decisão quanto a investir ou não em uma verba bastante grande para o desenvolvimento do Projeto Arbetritz, que visava a construção de uma superbomba com o intuito de acelerar o término de um conflito de grandes proporções.

Teve a duração de 16 aulas, onde ficou acordado com o professor titular da disciplina que seriam utilizadas apenas duas aulas-faixa do total das quatro regulares na semana.

Para essa importante decisão foram organizadas comissões: CETODES (Comissão Especial para Tomada de Decisões Estratégicas) com 17 membros; Cientistas contrários ao Projeto Arbetritz com 7 membros; Cientistas favoráveis ao Projeto Arbetritz também com 7 membros; Jornalistas com 8 membros e os Organizadores com 3 membros.

O **CETODES** é uma comissão de representantes da sociedade, incluindo profissionais de diferentes áreas, os quais deveriam ser informados sobre as vantagens e desvantagens da construção por outros dois grupos: o dos **cientistas favoráveis** à construção da bomba, formado pelos membros da comissão científica que executaria a pesquisa, e o dos **cientistas contrários**, que disputavam as verbas, julgando-as mais necessárias em outras pesquisas. Eram ainda participantes da história os **jornalistas** responsáveis pela cobertura dos acontecimentos, que deveriam divulgar a todos as informações coletadas no jogo e fora dele (durante os trabalhos extraclases) e os membros da **comissão organizadora**, auxiliares da pesquisadora alocados em cada um dos grupos (exceto o CETODES), descentralizando a função organizacional.

A estruturação do módulo ficou assim organizada:

aulas	Organização/ ações
1 e 2	Introdução e apresentação do jogo e a distribuição dos estudantes nos diferentes grupos
3 e 4	definição quanto ao tipo de bomba que seria usada, a análise dos diversos tipos de energia e os danos que cada uma poderia causar e o que poderia ser usado em uma bomba
5 e 6	desenvolvimento da discussão da Energia Nuclear. Análise do conhecimento necessário para a construção de uma bomba
7 e 8	levantamento de todas as vantagens do mundo: a aula dos cientistas favoráveis à construção da bomba nuclear
9 e 10	levantamento de todos os riscos do mundo: aula dos cientistas contrários à construção da bomba nuclear
11 e 12	debate entre os dois grupos de cientistas, e jogo de perguntas e

	respostas sobre os conceitos já estudados
13 e 14	juízo final: a decisão do CETODES
15 e 16	encerramento das discussões

**Quadro 10: estruturação do módulo**

A pesquisadora disponibilizou uma mesma lista de títulos de livros e sítios de internet a todos os grupos para pesquisa. Os últimos 15 ou 20 minutos das aulas eram cedidos para reuniões de grupo que, no caso dos cientistas, eram utilizados para definir os passos, tanto da sua própria aula, quanto para a manipulação das informações liberadas ao jornal ou para elaborar as questões a serem formuladas no debate.

Um grande volume de materiais foi produzido pelos diferentes grupos ao longo das atividades. Particularmente interessantes foram os conteúdos das cartas escritas ao presidente do país de que faziam parte os estudantes e os jornais elaborados, muitas vezes surpreendentes.

Foram efetuadas 16 entrevistas semi-estruturadas, sendo 4 em uma fase piloto, para testar a pertinência das perguntas, o que provocou alterações no plano inicial de questões.

Durante a realização do julgamento, ocorreu a explanação oral individual dos membros do CETODES, apresentando e justificando sua posição na última carta escrita e a decisão final que ainda podia ter sofrido modificações em função das últimas discussões. A contagem dos votos deu uma vitória arrasadora a favor da continuidade do Projeto Arbetritz.

Outro aspecto refere-se à necessidade do exercício de descentralizar o poder atribuído ao professor pela estrutura escolar, fundamental para um processo integral de mudança. Durante esta aplicação “[...] essa mudança pôde ser implementada sem perda da atenção ou disciplina dos estudantes” (p. 274).

Isto propiciou:

“Por essa razão, estudantes habituados ao modelo convencional, e que não tenham sido alertados quanto à opção metodológica (e não o foram propositadamente), percebem a ausência das fórmulas, tarefas convencionais, listas de problemas e provas” (p. 272).

Vários objetivos dos PCNs também foram contemplados, dentre os quais podem ser destacados a preocupação com a ética e o desenvolvimento de valores e atitudes, tanto durante as aulas como no episódio dos jornalistas, ficando patente que este módulo é interdisciplinar, uma recomendação oficial.

O trabalho pedagógico, centrado no aluno, durante as entrevistas realizadas com o grupo, mostrou também ter havido ampla pesquisa bibliográfica de conteúdos específicos; possibilitando assim ao docente que se concentrasse em organizar as atividades e incentivar a curiosidade dos estudantes, despertando neles o interesse autônomo pela ciência.

A crítica ao processo engessado da escola de forma alguma desmerece o trabalho fundamental da escola, mas sim lembra que os processos sociais são dinâmicos e a escola precisa assumir as alterações que a sociedade vem há anos exigindo. Formar os jovens é mais do que oferecer discussões recortadas de itens conceituais disciplinares.

Este capítulo como objetivo trazer um retrospecto das pesquisas em Ensino de FMC, principalmente no que tange às dificuldades da efetiva implantação em sala de aula, conforme apontam como dois problemas fundamentais: a formação do professor e a falta de materiais.

Entretanto, nesta pequena amostra verificamos que a pesquisa está desenvolvendo formação continuada para os professores, talvez ainda em pequena escala, e que isto necessita de uma vontade política das mantenedoras para que os paradigmas de sucesso da pesquisa possam ser conhecidos em maior escala aos professores.

Além da formação continuada vemos também que materiais didáticos estão sendo desenvolvidos. A pesquisa da área demonstra a preocupação de que sejam desenvolvidos materiais dentro da realidade do professor e da escola na qual ele está inserido.

Entretanto, vários pesquisadores apontam a dificuldade destas pesquisas chegarem a quem se destina, os professores, pois são eles que farão a implantação efetiva e a aproximação da temporalidade em que vivemos, apresentando uma gama ampla de estratégias que podem ser usados pelos mesmos para tratar os temas/conteúdos dentro do PTD e especificamente em suas salas de aula.

Temos que, sem dúvida, melhorar ainda a formação docente neste ponto, pois podemos formar professores que busquem em artigos da área, simpósios, cursos, etc. e que não fiquem apenas aguardando esses cursos da mantenedora.

Outro ponto importante de implantação, pois acreditamos que o conhecimento das vertentes é de fundamental importância, para que o professor consiga adequar a

sua realidade. Portanto, se o mesmo poderá utilizar: a exploração dos limites dos modelos clássicos, ou não utilizar de referências aos modelos clássicos; ou ainda optar pela escolha de tópicos essenciais (ALVETTI e DELIZOICOV, 1998; Terrazzan, 1994; PEREIRA, 1997; CAMARGO, 1996; OSTERMANN e MOREIRA, 2000), ou até mesmo fazer uma composição destas vertentes, ele utilizará elementos que o balizem na Transposição Didática, buscando uma criatividade didática que atente a sua realidade, bem como torne a mesma operacional, permitindo assim a sua terapêutica didática.

Os encaminhamentos metodológicos neste recorte de revisão apresentam a FMC através de contexto conceitual, histórico-filosófico, mudança conceitual e apresentam também práticas de laboratório de baixo custo e a utilização de experimentos mentais.

Esses encaminhamentos não são aqueles utilizados na cultura do ensino de Física tradicional, o que mostra que os professores/pesquisadores estão buscando além da atualização curricular, uma nova cultura escolar, a qual passa por uma criatividade didática no uso de recursos disponíveis. Nesta nova cultura escolar, a operacionalidade didática para o ensino de FMC é diferente da tradicional, e possibilita a obtenção de resultados. Essas características devem estar claras ao professor, para que se efetive a terapêutica didática de temas de FMC, gerando uma reformulação na Cultura Escolar de Física.



## Capítulo 4 - Metodologia de Pesquisa

Neste capítulo apresentaremos a metodologia de pesquisa, caracterizaremos os princípios da pesquisa qualitativa que embasam este trabalho, assim como os sujeitos e instrumentos utilizados.

### 4.1 Pesquisa qualitativa e os papéis dos envolvidos

As concepções teóricas que nos guiam na elaboração, desenvolvimento e análises deste trabalho são condizentes com o viés qualitativo da pesquisa em Educação.

Neste tipo de pesquisa, pesquisador é aquele que vai possibilitar o crescimento de um conhecimento específico sobre um determinado objeto, numa determinada área. Sua contribuição virá carregada das características do pesquisador, de forma que não se concebe (e nem se deseja) uma neutralidade científica, onde:

“O papel do pesquisador é justamente o de servir como veículo inteligente e ativo entre esse conhecimento acumulado na área e as novas evidências que serão estabelecidas a partir da pesquisa” (p.5 LÜDKE e ANDRÉ, 1986).

O pesquisador deve ter uma atitude aberta a todas as manifestações que observa, não adiantando explicações e nem se deixando conduzir pelas aparências, devendo buscar uma compreensão global da situação estudada. Para que isso ocorra deve possuir uma conduta participante partilhando a cultura, as práticas e experiências dos sujeitos da pesquisa.

Para Lüdke e André (1986) pesquisadores:

“[...] não se preocupam em buscar evidências que comprovem hipóteses definidas antes do início dos estudos. As abstrações se formam ou se consolidam basicamente a partir da inspeção dos dados num processo de baixo para cima. O fato de não possuírem hipóteses ou questões



específicas formuladas a priori não implica a inexistência de um quadro teórico que oriente a coleta e análise dos dados”(p.13).

Portanto “um problema de pesquisa não pode desse modo, ficar reduzido a uma hipótese previamente aventada, ou algumas variáveis que serão avaliadas por um modelo teórico pré-concebido”(p. 81 CHIZZOTTI, 2010).

Baseado em Bogdan e Biklen (1982) citado por Lüdke e André (1986) a pesquisa envolveu a descrição de dados, através do contato do observador com a situação estudada, enfatizando o processo e buscando retratar a perspectiva dos participantes, os sujeitos da pesquisa.

Dentro de uma vertente qualitativa, optamos pelo estudo de caso que “vem ganhando crescente aceitação na área de educação, devido principalmente ao seu potencial para estudar as questões relacionadas à escola” (LÜDKE e ANDRÉ, 1986, p. 13).

O pesquisador não é um relator passivo pela sua imersão no cotidiano e familiaridade com os acontecimentos, portanto a descrição deve ser cuidadosa, mantendo uma conduta participante, adensando-se na medida da superação dos obstáculos que interferem na ação dos sujeitos.

Numa pesquisa do tipo qualitativa, todas as pessoas que participam da pesquisa devem ser reconhecidos como sujeitos, que elaboram conhecimentos e práticas adequadas. Elas possuem conhecimento prático, senso crítico e possuem representações relativamente elaboradas orientando suas ações individuais.

Os pesquisados neste caso dos professores são:

“[...] autores de um conhecimento que deve ser elevado pela reflexão coletiva ao conhecimento crítico...como sujeitos da pesquisa, identificam os seus problemas, analisam-nos, discriminam as necessidades prioritárias e propõe as ações mais eficazes” (p. 83 CHIZZOTTI, 2010).

A Educação tem como afirma Lüdke e André (1986) uma “fluidez dinâmica”, por isso mesmo os métodos de pesquisa devem seguir esta característica. Não há uma causalidade direta, ocorre sim uma multiplicidade de ações (variáveis) que agem e interagem concomitantemente.

A pesquisa na área de Educação portanto não pode ter características positivistas como ocorreu no século passado. Com essa compreensão surgem novas propostas de abordagens, visando suplantando as dificuldades/limitações

apresentadas pelo modelo anterior, surgindo assim a pesquisa participante, a pesquisa ação, a pesquisa etnográfica e o estudo de caso.

Numa linha qualitativa de pesquisa, o problema de uma pesquisa não é definido completamente a priori, conforme afirma Chizzotti (2010):

“o problema decorre antes de tudo de um processo indutivo que se vai definindo e se delimitando na exploração dos contextos ecológicos e social, onde se realiza a pesquisa; da observação reiterada e participante do objeto pesquisado, e dos contatos duradouros com informantes que conhecem esse objeto e emitem juízo sobre eles” (p. 81).

Para um problema ser bem definido é necessário que o pesquisador vá além de sua identificação e sua delimitação “na vida e no contexto, no passado e nas circunstâncias presentes que condicionam o problema” (p. 81 CHIZZOTTI, 2010).

A vivência com a pesquisa e o conhecimento da realidade que os sujeitos participantes possuem sobre o problema permite ao pesquisador ir além “... para descobrir os fenômenos além das suas aparências imediatas” (p. 81 Chizzotti, 2010).

Para conhecermos os sujeitos participantes que já mostrassem indícios de terapêutica didática, escolhemos participar de encontros de professores. Podem ser locais onde, além de trocar experiências, podemos conhecer como está a pesquisa na área de ensino.

Os encontros de Ensino de Física (SNEF, ENPEC, EPEF, etc) e os periódicos têm o papel fundamental de divulgação de experiências significativas que ocorrem nas pesquisas acadêmicas e também em nossas escolas.

Entretanto poucas dessas experiências ficam conhecidas pelos professores que trabalham efetivamente em aula, talvez porque o professor não possua a prática de participar e/ou ler os anais desses encontros e também dos periódicos de sua área de atuação.

Muitas vezes as experiências com o Ensino de FMC (principalmente) realizadas pelos docentes em sala de aula não são divulgadas nem mesmo em suas próprias escolas pelas dificuldades citadas acima e ainda pelos encontros realizados pela mantenedora não propiciar adequadamente a socialização dessas práticas. Neste trabalho não viso encontrar estas razões, mas sim observar práticas significativas com o Ensino de FMC que ocorre em nossas salas de aula, ou seja, o caminho inverso que normalmente ocorre com a pesquisa.

Para esta visão de pesquisa temos que supor “... que “os atores sociais não são imbecis”, na expressão de Garfinkel, mas autores de um conhecimento que deve ser elevado pela reflexão coletiva ao conhecimento crítico” (p. 83 Chizzotti, 2010).

O pesquisador deve ter a sensibilidade de que os “[...] sujeitos da pesquisa identificam os seus problemas, analisam-nos, discriminam as necessidades prioritárias e propõem as ações mais eficazes” (CHIZZOTTI, 2010, p. 83).

Durante a pesquisa:

“[...] os dados não coisas isoladas, acontecimentos fixos, captados em um instante de observação. Eles se dão em um contexto fluente de relações : são “fenômenos” que não se restringem às percepções sensíveis e aparentes, mas se manifestam em uma complexibilidade de oposições, de revelações e ocultamentos. É preciso ultrapassar a sua aparência imediata para descobrir sua essência” (CHIZZOTTI, 2010, p.84).

Tudo que ocorre durante a pesquisa deve ser considerado:

“[...] todos os fenômenos igualmente importantes e preciosos: a constância das manifestações, e sua ocasionalidade, a frequência e interrupção, a fala e o silêncio. É necessário encontrar o significado manifesto e o que permaneceu oculto” (CHIZZOTTI, 2010, p.84).

Os conceitos e experiências dos sujeitos da pesquisa e, “[...] as experiências relatadas ocupam o centro de referências das análises e interpretações da pesquisa qualitativa” (CHIZZOTTI, 2010, p.84).

A pesquisa do tipo qualitativa conta com várias técnicas “[...] que coadjuvam a descoberta de fenômenos latentes, tais como: a observação participante, história ou relato de vida, análise de conteúdo, entrevista não diretiva, etc” (CHIZZOTTI, 2010, p.85).

Neste tipo de pesquisa os instrumentos de coleta de dados podem ser variados conforme cita Chizzotti (2010):

“[...] observação participante, a entrevista individual e coletiva, o “teatro espontaneidade”, o jogo dos papéis, a história de vida autobiográfica ou etnobiográfica, as projeções de situações de vida, análise de conteúdo ou qualquer outro que capte as representações subjetivas dos participantes...” (p.89-90).

Em nossa pesquisa faremos a utilização de questionário para a seleção de sujeitos da pesquisa, e também o uso de entrevistas individuais. Em outro momento

faremos também uma observação na forma de observador total em aulas gravadas em vídeo digital e mais uma entrevista.

## **4.2 Estudo de caso em práticas de FMC: identificação dos sujeitos**

Utilizaremos o estudo de caso com práticas significativas com Ensino de FMC, pois consideramos um marco de referência de complexas condições socioculturais.

O estudo de caso é utilizado para a designação de uma diversidade de pesquisas que efetuam coleta, registro de casos particulares ou de vários casos com objetivo de organizar um relatório crítico e ordenado de uma experiência, podendo também avaliá-la analiticamente para que se possam tomar decisões ou propor uma ação transformadora (LÜDKE e ANDRÉ, 1986)

O estudo de caso segundo Chizzotti (2010) apresenta três fases: a seleção e delimitação do tema; o trabalho de campo; a organização e a redação do relatório.

A seleção e delimitação do tema são decisivas para análise da situação dada, deve possuir comparações aproximativas, possibilitando fazer generalizações em situações similares ou autorizar inferências ao contexto da situação analisada.

O trabalho de campo tem como finalidade reunir e organizar o conjunto que comprova as informações. Esta coleta de informações obtidas no campo poderá exigir cooperação e anuência tanto das pessoas informantes, quanto da hierarquia a que os mesmos pertençam.

Estas informações poderão ser escritas, oral, gravada, filmada que esteja disponível, desde que se preste a fundamentação do relatório de caso, que por sua vez poderá ser análise crítica dos informantes ou qualquer pessoa que tenha interesse no mesmo.

A Organização ocorrerá quando possuir um número considerável de documentação (notas de observação, transcrições, rascunhos, etc), sendo que estes devem ser selecionados segundo critérios predefinidos que permitam a comprovação das descrições e as análises do caso.

Já a redação do relatório deve ser narrativa, descritiva e analítica. O relatório pode ser ilustrado ou não, filmado e fotografado. Deve ainda apresentar multiplicidade de aspectos do problema, ressaltando sua importância, contextualizando e em alguns casos a indicando possibilidades de ações modificadoras.

Para Lüdke e André (1986) somente poderemos “[...] dizer que o caso é construído durante o processo de estudo; ele só se materializa como caso, no relatório final quando fica evidente se ele se constitui realmente num estudo de caso” (p.20).

Nisbet e Watt (1978) apud Lüdke e André (1986) ressaltam três fases muito similares proposto por Chizzotti (2010) e afirmam que estas fases se superpõem em diversos momentos, sendo extremamente difícil definir linhas que as separam.

Lüdke e André (1986) destacam que a primeira fase (aberta ou exploratória) é muito incipiente, ou seja, os parâmetros vão se delineando à medida que o estudo se desenvolve, podendo apresentar questões ou pontos críticos que vão sendo explicitados, abandonados ou reformulados, seguindo a relevância na situação estudada.

Esse é o momento de estabelecer os contatos iniciais para a entrada em campo, localização de informantes e das fontes necessárias para o estudo, entretanto os mesmos autores destacam que não somente nessa fase, mas em todo o trabalho, deve se retroalimentar das questões e dos pontos críticos.

A definição sobre o caso ser típico ou atípico, ou seja, ser representativo de uma determinada população, necessariamente compromete a questão da generalização, entretanto conforme Gouveia (1984) isso passa a ter menor relevância. Portanto escolher uma escola que esteja desenvolvendo um trabalho especial dependerá do tema em interesse.

Quanto à generalização poderá ser superado quando o leitor puder perceber semelhanças em aspectos dos casos particulares com outros casos, ou de situações vividas pelo leitor, ocorrendo assim uma “generalização naturalística” proposta por Stake (1978) . Existem também generalizações onde os leitores reconhecem bases comuns de diferentes estudos de caso em diferentes contextos.

Esta pesquisa teve quatro momentos distintos: no primeiro momento foi identificação dos sujeitos através de um questionário (apêndice 1), no segundo momento foi a realização de seis entrevistas semi-estruturadas (apêndice 2),

gravadas em áudio, dos sujeitos selecionados a partir do primeiro momento e no terceiro momento foi assistir a sete aulas gravadas em vídeo de um dos professores entrevistados - o professor identificado como P2 - e o último momento foi de uma nova entrevista com o professor P2 o qual se dispôs a participar em todos os momentos.

Segundo Ludke e André:

“O desenvolvimento do estudo se aproxima de um funil: no início há questões ou focos de interesses muitos amplos e que no final se tornam mais diretos e específicos. O pesquisador vai precisando melhor esses focos à medida que o estudo se desenvolve” (LÜDKE e ANDRÉ, 1986, p. 13).

É nesse sentido que devem ser entendidos os quatro momentos da nossa pesquisa, numa direção de afunilamento, pois inicialmente tínhamos focos amplos, que no decorrer da pesquisa foram sendo melhor delineados, definindo melhor o nosso próprio objeto de estudo.

O primeiro momento foi estabelecido para que identificássemos os possíveis sujeitos de nossa pesquisa bem como também conhecêssemos como os professores estão trabalhando como os temas/assuntos de FMC, quais materiais estão utilizando, quais são suas estratégias de ensino, como avaliam o seu trabalho pedagógico e como ocorre a reorganização curricular para contemplar a FMC como conteúdo de ensino no EM. Isso nos permitiria conhecer melhor o campo e nos auxiliaria a delimitar melhor o nosso próprio objeto de estudo.

Assim, para identificar os sujeitos foi feito um levantamento junto aos professores que participaram de um momento de formação continuada ofertada pela Secretaria de Estado de Educação do Paraná.

Nos últimos anos no Estado do Paraná ocorrem o que eram chamados “DEB’s Itinerantes” (Departamento de Educação Básica itinerantes), realizados pela Secretaria Estadual de Educação, que visavam uma descentralização das discussões das políticas públicas sobre educação e também para que os professores conhecessem e discutissem as Diretrizes Curriculares Estaduais de Física.

No ano de 2010 houve um incentivo aos professores para apresentarem suas experiências didáticas, em encontros organizados pelos Núcleos Regionais de Educação (NRE), divididos em setores, ou seja, havia a participação de todos os

professores de uma determinada região de Curitiba, em nosso caso, o setor centro do NRE Curitiba.

Escolhemos participar desses momentos, visando encontrar experiências desenvolvidas pelos professores em FMC, onde identificamos professores dispostos a participar da pesquisa, através de um questionário (apêndice 1).

O questionário é um instrumento de coleta de dados constituído por uma série ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito e sem a presença do entrevistador.

As questões que compuserem o questionário são do tipo aberta e de múltipla escolha.

### 4.3 Entrevistas com os professores

No segundo momento então foi elaborada uma entrevista do tipo semi-estruturada, onde as perguntas elaboradas podem ser vistas no Apêndice 2.

Ao lado da observação, a entrevista é um dos instrumentos fundamentais para a pesquisa qualitativa. Na sua condução, o entrevistador deve tomar cuidado para não anteciper ou forçar uma resposta do informante.

Ao contrário do questionário, que estabelece uma relação hierárquica, a entrevista deve criar uma relação de interação recíproca entre o pesquisador e o sujeito da pesquisa. É um encontro entre duas pessoas, a fim de que uma delas obtenha informações a respeito de determinado assunto, mediante uma conversação de natureza profissional.

A entrevista pode ser **estruturada**, quando o entrevistador segue um roteiro previamente estabelecido; e **não estruturada**, onde o entrevistado tem liberdade para desenvolver cada situação em qualquer direção que considere adequada. Há ainda a entrevista do tipo **painel**, que consiste na repetição de perguntas, de tempo em tempo, às mesmas pessoas, a fim de estudar a evolução das opiniões em períodos curtos.

Nas entrevistas semiestruturadas onde não ocorre uma ordem rígida dos questionamentos o entrevistado discorre sobre o tema com base em suas próprias

informações, sendo a verdadeira razão da entrevista. Portanto, se ocorrer uma aceitação mútua e estímulo, as informações acontecerão de maneira autêntica.

A principal vantagem da entrevista é a imediata captação das informações desejadas, com qualquer informante e foco da pesquisa. A entrevista permite o aprofundamento de outras técnicas de pesquisa utilizadas anteriormente, como o questionário.

Permite o esclarecimento de dúvidas, correções e adaptações que podem ocorrer durante o processo da pesquisa.

Os cuidados requeridos para efetuar uma entrevista é o do respeito ao entrevistado, mantendo local e horário marcado e cumpridos de acordo com sua conveniência, garantindo o sigilo e anonimato em relação ao informante, se for o caso.

Ao lado do respeito à cultura e valores do entrevistado, o entrevistador deverá desenvolver uma grande capacidade de ouvir atentamente e permitir o fluxo natural de informações, garantindo assim um clima de confiança para que o informante se sinta confortável para se expressar livremente.

Na entrevista semiestruturada é aconselhável o uso de um roteiro que a guie, através dos tópicos principais acerca do objetivo da pesquisa. Tal roteiro deverá seguir uma certa ordem lógica e psicológica, cuidando para que ocorra uma sequência entre os assuntos, indo do mais simples aos mais complexos.

Segundo Lüdke e André (1986), a entrevista ultrapassa os limites da técnica, sendo dependente das habilidades e qualidades do entrevistador, não havendo receitas infalíveis, mas cuidados a serem observados, e aliados a uma honesta e atenta condução possibilitará boa entrevista.

“Toda a uma gama de gestos, expressões, entonações, sinais não verbais excitações, alterações de ritmo, enfim, toda uma comunicação não verbal, cuja captação é muito importante para compreensão e validação do que foi efetivamente dito” (p.36 LÜDKE e ANDRÉ, 1986).

Ainda na técnica de entrevista, segundo as autoras, devemos fazer anotações logo após a mesma, preenchendo os vazios ocorridos nas anotações.

Nessa primeira entrevista do tipo semi-estruturada visamos conhecer melhor as práticas pedagógicas mais significativas citadas pelo professor na fase do questionário. Isso permitiu esclarecimentos acerca de como tais práticas



pedagógicas foram desenvolvidas, quais materiais foram utilizados, bem como de que forma se procedeu a avaliação da aprendizagem e do processo pedagógico. e também possibilitar identificar na Transposição Didática de cada professor tinha indícios dos critérios de análise: criatividade didática, operacionalidade e a terapêutica didática.

Na sequência apresentamos as questões que guiaram a entrevista, com as justificativas quanto às informações que pretendíamos obter a partir de cada questão.

**Questão 1** - Qual (is) sua(s) experiência(s) com o ensino de FMC?

Este questionamento visa que o entrevistado fale de forma espontânea sobre a sua prática pedagógica no Ensino de FMC. Falar de sua própria prática é uma forma de valorizar seu trabalho, falando sobre algo que ele conhece. Assim, este questionamento também é uma forma de colocar o entrevistado mais à vontade, pois ele pode não estar acostumado a ser entrevistado, e principalmente, gravado em áudio.

**Questão 2** - No questionário você apontou vários temas de FMC, cite dois que considera os mais relevantes.

Esta questão visava identificar, entre os temas apontados pelo professor no questionário, aqueles mais significativos na sua percepção. Isso permitiria identificar uma prática pedagógica que já tivesse uma **terapêutica didática**. Ocorre exatamente quando o professor alcança os objetivos desejados.

**Questão 3** - Quais materiais didáticos você utilizou nessa prática pedagógica?

Conhecer quais e como os materiais que esse professor utilizou em sua prática, o que permitiu apontar a **criatividade didática** do professor especificamente em FMC. Entender como os materiais foram utilizados também nos permitiu conhecer melhor de que maneira a prática foi desenvolvida em sala de aula, de forma a podermos conhecer qual a operacionalidade didática dessa prática.

**Questão 4 - Como foi a avaliação dos alunos?**

A avaliação de um trabalho pedagógico é de extrema importância, pois ela direciona como determinar os próximos passos da prática docente. Portanto com essa questão visamos compreender se houve uma avaliação formal para o aluno. Ao falar dessa avaliação da aprendizagem do aluno, existe abertura para o professor se pronunciar de que forma ele avaliou também o processo da prática pedagógica que desenvolvida em sala de aula.

**Questão 5 - Você aplicaria essa(s) prática(s) pedagógica(s) novamente?**

A aplicação sistemática de determinada atividade didática pode ser um indicativo do sucesso da prática pedagógica com FMC, permitindo assim compreendermos, na perspectiva de Chevallard (1991), se a **terapêutica pedagógica** com o ensino de FMC está ocorrendo na sala de aula.

**Questão 6 – Por que você tratou os temas de FMC?**

Uma das preocupações desta pesquisa é de compreender como está ocorrendo a reorganização curricular de física em sala de aula, portanto o questionamento do porquê o professor escolheu tratar os temas de FMC pode indicar, por um lado, a importância que ele atribui a esses conteúdos no EM, e por outro lado, pode mostrar também as suas opções em termos da reorganização curricular necessária para que fosse possível contemplar a FMC como conteúdo.

**Questão 7 - Você participa de eventos da área? Utiliza periódicos da área?**

Com esta questão pretendemos conhecer se o entrevistado participa de eventos e se atualiza com periódicos da área de ensino de física, e de que forma isso pode estar influenciando sua prática pedagógica.

**Questão 8 - Como foi sua formação pedagógica para trabalhar com FMC?**

A **mediação didática** adequada é necessária para um conhecimento escolar que ainda não possui um espaço na tradição curricular da disciplina física, portanto, conhecer se o professor teve algum tipo de preparação pedagógica em sua formação inicial e/ou na formação continuada poderá nos fornecer indícios quanto à questão levantada nas pesquisas (OSTERMANN E MOREIRA, 2000 e REZENDE JUNIOR, 2001), as quais apontam a formação docente como uma das dificuldades no ensino de FMC.

**Questão 9** - Gostaria de comentar algo mais que considere relevante, mas que eu não tenha perguntado?

Para terminar a entrevista deixamos aberto para o professor fazer as considerações que achasse necessárias, trazendo outros elementos que ele considerasse importante acerca de sua experiência pedagógica no ensino de FMC, mas que não tivéssemos perguntado.

## **4.4 Práticas docentes um olhar mais profundo**

No terceiro momento, identificamos melhores possibilidades pela primeira entrevista dos professores P1 e P2 para acompanhar e gravar suas práticas didáticas (P1 e P2). Optamos por acompanhar o professor P2, que apontava duas diferentes práticas com conteúdos de FMC (Efeito Fotoelétrico e Bomba Nuclear<sup>8</sup>). Esta opção pelo professor P2 ocorreu porque o mesmo trabalha em escola pública, sendo esse um espaço privilegiado para o pesquisador e para o programa de pós-graduação no qual este trabalho está sendo desenvolvido.

### **4.4.1 Acompanhamento das práticas de FMC na sala de aula**

---

<sup>8</sup> Nome das práticas dadas por P2.

Para o registro das aulas, se utilizássemos apenas a técnica de “observador total”, com notas do pesquisador, poderíamos perder alguns aspectos importantes. Assim, optamos por, além de fazer notas logo após as aulas, gravar com duas câmeras de vídeo, sendo uma fixa e outra móvel, pois no momento em que ocorre a prática muitos acontecimentos poderão ser vistos diferentemente

A observação de segunda mão, no que diz respeito ao uso de mídias como gravação visual e sonora, são cada vez mais utilizados como forma genuína e como fonte de dados, permitindo a transgressão dos limites de tempo e espaço, podendo captar fatos e processos muito complexos ao olho humano (FLICK, 2009).

A utilização do vídeo não consiste apenas em analisar o conteúdo das imagens, mas também o *corpus* de como o mesmo é realizado: O que foi registrado? Que materiais são selecionados para análise e que materiais são produzidos para fins de pesquisa? (FLICK, 2009).

Deve-se, segundo Flick (2009), tomar o cuidado de que a câmera e o equipamento utilizados dominem a situação social, ou seja, o equipamento deve o máximo possível se tornar parte do ambiente, para que os alunos e o professor não se sintam intimidados pelos equipamentos, podendo, na medida do possível, manter a naturalidade da sala de aula.

Destaca que as gravações em vídeo incluem partes não verbais da interação, permitindo a captura de uma quantidade maior de aspectos e detalhes durante as notas. A videografia, termo habitualmente utilizado, pode ser combinada com outros métodos e com outros tipos de dados.

Com consentimento prévio do professor e da escola, além do consentimento dos alunos, foram gravadas duas aulas do Efeito Fotoelétrico em uma turma do terceiro ano, turno da tarde, de um grande colégio da região central de Curitiba.

Foram utilizadas duas câmeras digitais: uma que permanecia fixa na frente da sala de aula, através da qual se objetivava colher as impressões principalmente dos alunos durante as aulas, e outra que era móvel, operada pelo pesquisador, que focalizava o que julgava de mais significativo naquele momento.

Enquanto “observador total”, o pesquisador mesmo estando na presença do grupo não interagia com o grupo observado, não estabelecendo relações interpessoais.

Os mesmos procedimentos foram utilizados na prática pedagógica da Bomba Nuclear em uma turma do segundo ano da tarde do mesmo colégio.

Ambas as práticas foram realizadas no primeiro semestre de 2011. Além das gravações foram feitas observações pelo pesquisador.

Durante o desenvolvimento das práticas, estavam também presentes dois acadêmicos da disciplina de estágio supervisionado de um curso de Licenciatura em Física. Enquanto nas aulas de Efeito Fotoelétrico tais estagiários permaneceram apenas como observadores, nas aulas sobre Bomba Nuclear eles auxiliaram o professor P2 nas orientações dos grupos.

Em relação às aulas gravadas, optou-se por não fazer uma transcrição completa; mas sim descrever os principais momentos, os principais diálogos, ou seja, aquilo o que o pesquisador julgou pertinente para analisar a transposição/mediação didática sob estes três aspectos: **criatividade, operacionalidade e terapêutica didática.**

#### **4.4.2 Segunda entrevista com P2**

No quarto momento foi feita uma nova entrevista semi-estruturada (apêndice 4) com o professor 2, visando captar nas suas palavras a sua satisfação com essas duas práticas de FMC, onde ele buscou inspiração para criar tais atividades, como desenvolveu sua criatividade didática, como ele operacionalizava suas aulas. Buscou-se também perceber a sua vontade de que as mesmas sejam repetidas e até mesmo ampliadas, proporcionando assim os três aspectos da Transposição Didática destacados em nossa pesquisa.

A entrevista foi do tipo semi-estruturada, e as questões são apresentadas e justificadas na sequencia:

**Questão 1** - O que achou da prática pedagógica deste ano?

Esta questão visava que o entrevistado falasse de forma livre, espontânea sobre a sua prática pedagógica no Ensino de FMC, é utilizada também como forma de colocar o entrevistado em uma posição mais confortável.

**Questão 2** - O que mudou na prática pedagógica em relação aos anos anteriores? Por que mudou?

Esta questão visava com que o entrevistado apontasse as ações pedagógicas que mudaram em relação às duas práticas pedagógicas observadas, mostrando de que forma ele avaliou as atividades recém-desenvolvidas, além das razões que o levariam a alterar suas atividades.

**Questão 3** - A prática pedagógica ocorreu no mesmo momento (ano)? Se não foi por que mudou?

Uma das razões desta questão era levantar por qual das três vertentes representativas para os caminhos metodológicos o professor havia optado: **o da exploração dos limites dos modelos clássicos; o da não utilização de referências aos modelos clássicos; e o da escolha de tópicos essenciais** (ALVETTI e DELIZOICOV, 1998; TERRAZZAN, 1994; PEREIRA, 1997; CAMARGO, 1996; Paulo, OSTERMANN e MOREIRA, 2000).

Esta questão também permitiria compreender o momento e por que o professor escolheu aquele momento para trabalhar com as duas práticas docentes. Isso poderia trazer elementos para compreendermos quais foram as alterações necessárias na organização curricular de física, para que fosse possível abordar esses conteúdos.

**Questão 4** - Na sua opinião para que uma prática seja repetida o que é importante, o que ela deve conter?

O questionamento visa compreender se ocorre o que é chamado de **terapia didática**, que foi proposta por Astolfi (1997, citado por PIETROCOLA, 2010), ou seja, que essa prática seja inserida definitivamente no currículo escolar, não sendo mais uma experiência isolada e sim uma prática recorrente, com possibilidades de ser incorporada à cultura escolar do ensino de física naquele estabelecimento de ensino.

**Questão 5** - Pensa em repetir esta prática? O que você mudaria? E por quê?

Nesta questão o objetivo é verificar, além da terapêutica, outra característica que definirá o sucesso de uma prática pedagógica, que é a **criatividade didática**, pois não basta que o professor utilize recursos adaptados de outro nível de ensino, ou de outras práticas desenvolvidas. Na realidade, o professor deve criar estratégias e materiais didáticos que atendam a sua realidade escolar, ou seja, que a forma com que esteja sendo trabalhado determinado conteúdo seja condizente com o conhecimento científico e também com o cotidiano do aluno e professor.

**Questão 6** - A avaliação, as atividades, na sua opinião, foram satisfatórias? Mudou em relação ao ano anterior? O que pensa em mudar para o próximo ano?

Neste questionamento buscamos compreender como está a satisfação do professor quanto às atividades, exercícios, tipos de questões e também se houve alteração no que foi aplicado no ano anterior, bem como se existe a vontade de promover alterações nas mesmas.

**Questão 7** - Nas abordagens de novos conteúdos de física, o que você considera importante para trabalhar em sala de aula?

Como nossos objetivos passam por compreender as práticas pedagógicas quanto a sua transposição didática, levando em consideração especialmente três pontos (a criatividade didática, a operacionalidade e a terapêutica didática), neste questionamento buscamos perceber na fala do professor as características dos três pontos considerados.

**Questão 8** - Você gostaria de ressaltar algum ponto sobre o qual não foi questionado?

Com esta pergunta final visava deixar livre o professor para ele tratar algum ponto do qual o pesquisador não tratou e que o entrevistado julgasse pertinente ou importante.

#### 4.4.3 A análise dos dados

A análise dos dados constitui-se inicialmente na organização dos dados obtidos no decorrer da pesquisa, através dos questionários, entrevistas, gravações em vídeo, notas de observações e demais informações disponíveis.

“A tarefa de análise implica, em um primeiro momento, a organização de todo o material, dividindo-o em partes, relacionando essas partes, e procurando identificar nele tendências e padrões relevantes” (p.45, LÜDKE e ANDRÉ, 1986).

Desde o início dos trabalhos de pesquisa fazemos uso de procedimentos analíticos quando buscamos a pertinência das questões selecionadas frente ao objetivo da pesquisa. Tomando decisões acerca de aspectos que devem ser enfatizados, e outros que podem ser eliminados e outras direções que poderão ser tomadas, até a fase final do relatório.

Na análise das entrevistas,

“o primeiro passo [...] é a construção de um conjunto de categorias descritivas. O referencial teórico de estudo fornece geralmente a base inicial de conceitos a partir dos quais é feita a primeira classificação dos dados. Em alguns casos, pode ser que essas categorias iniciais sejam suficientes, pois sua amplitude e flexibilidade permitem abranger a maior parte dos dados. Em outros casos as características específicas da situação podem exigir a criação de novas categorias conceituais” (p. 48, LÜDKE e ANDRÉ, 1986).

Além disso, como adverte Ludke e André (1986), buscamos tomar cuidado para que

“a análise não se restrinja ao que está explícito no material mas procure ir mais a fundo, desvelando mensagens implícitas, dimensões contraditórias, e temas sistematicamente “silenciados”” (p.48, LÜDKE e ANDRÉ, 1986).

Os dados obtidos da pesquisa são de diversas fontes: questionário, entrevistas, gravação em vídeo de aulas e o PTD do P2. A partir desta gama de fontes de dados optamos por fazer uma triangulação destes instrumentos.

Em relação ao estudo específico das práticas docentes do professor P2, considerando a complexidade do objeto que está sendo estudado, a saber as



práticas pedagógicas no ensino de FMC em sala de aula, foi necessário “cercar” tal objeto através de diferentes instrumentos, fazendo uma triangulação dos dados.

Podemos ter segundo Dezin (1989) quatro tipos de triangulação: triangulação dos dados, triangulação do investigador, triangulação da teoria e triangulação metodológica.

A primeira refere-se a diferentes fontes dados, sem ser confundida com emprego de métodos distintos para a produção de dados.

Na segunda se empregam diversos observadores ou entrevistadores para minimizar as visões tendenciosas da condição humana.

Na terceira, o ponto de partida é abordagem de dados tendo em mente as múltiplas perspectivas e hipóteses com o propósito de estender as possibilidades de produção de conhecimento.

O quarto tipo é apresentado em dois subtipos: a triangulação dentro do método, onde se utilizam subescalas para medir um item em um questionário, e a triangulação entre métodos, que é a combinação do questionário com a entrevista semiestruturada.

A triângulação utilizada nessa pesquisa é do primeiro tipo, no sentido da compreensão da criatividade didática e operacionalidade; a partir de uma constatada terapêutica didática, utilizado a entrevista inicial em um vértice; o PTD e a segunda entrevista em outro vértice e a videografia no último vértice.

A triangulação “tem sido deslocada cada vez mais na direção de enriquecer e complementar ainda mais o conhecimento e de superar os potenciais epistemológicos (sempre limitados) do método individual” (p.362, FLICK, 2009).

A triangulação pode ser aplicada como uma abordagem para fundamentar ainda mais o conhecimento obtido por meio dos métodos qualitativos.

“A triangulação consiste em mais uma alternativa para a validação, a qual amplia o espaço, a profundidade e a coerência metodológicas, do que em uma estratégia para validar resultados e procedimentos” (p.362, FLICK, 2009).

A pesquisa qualitativa em Educação é complexa e os métodos da mesma devem se adaptar de acordo com a especificidade do objeto da pesquisa. A experiência do pesquisador torna os meios de obtenção dos dados mais eficazes, entretanto um bom trabalho de fundamentação teórica da pesquisa qualitativa pode ser fator determinando de uma pesquisa qualitativa ter maior significado em relação

do problema apresentado. Foi com esta visão que foi elaborada esta sequência metodológica para este trabalho.

## **Capítulo 5 – Práticas Docentes no Ensino de FMC: em busca de uma terapêutica didática**

Neste capítulo, apresentamos a análise das entrevistas iniciais dos seis professores entrevistados e a correspondente análise das entrevistas. Os entrevistados foram escolhidos entre aqueles que responderam ao questionário, aqueles que trabalhavam na mesma escola do pesquisador e também os que foram alunos do entrevistador na graduação em Física.

Inicialmente é apresentado um breve perfil dos professores entrevistados. Para procedermos à análise das seis entrevistas semi-estruturadas iniciais, elaboramos 3 grandes categorias, de acordo com os objetivos deste trabalho.

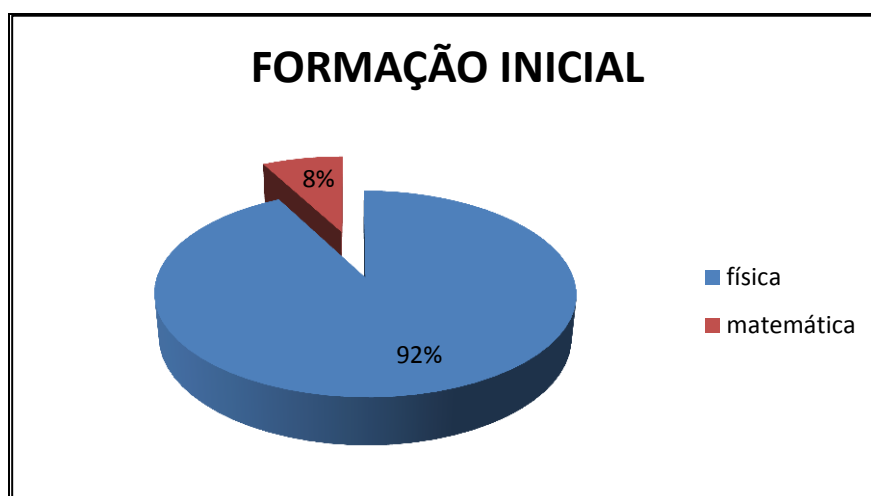
### **5.1 Perfis dos professores**

#### **5.1.1 Questionário**

Participaram desta etapa vinte e cinco professores que atuam no setor centro de Curitiba, na disciplina de Física, e um professor indicado que apresentava terapêutica didática da rede particular de ensino, na mesma cidade.

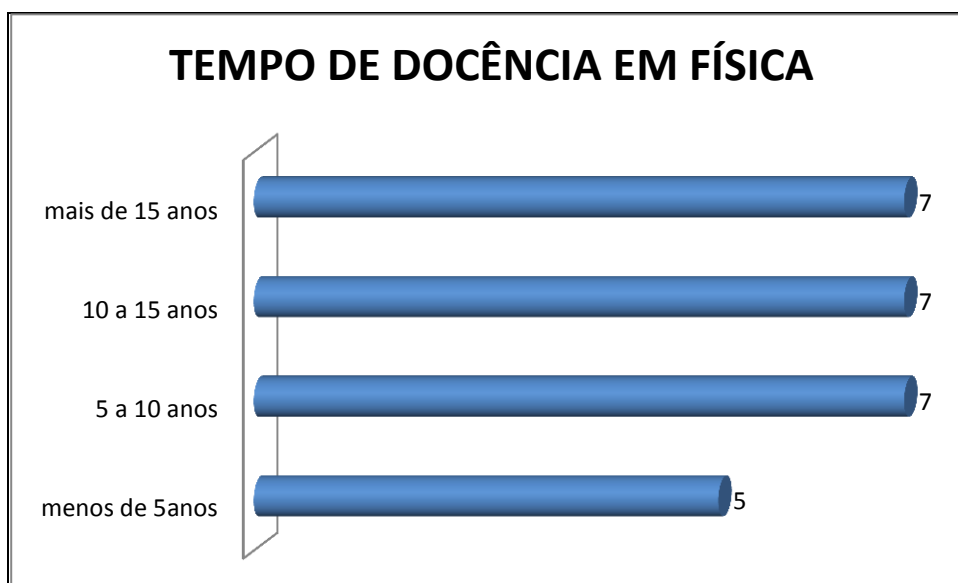
A partir do questionário, foram obtidas algumas informações acerca do perfil desses professores e sua familiaridade com o ensino de FMC, apresentados na sequência:

Quanto à formação inicial dos professores deste primeiro momento da pesquisa, sintetizada no gráfico 2, percebe-se que a maioria quase absoluta possui a formação inicial em Física.

**Gráfico 2: Formação inicial dos professores de Física**

Fonte: o autor

O gráfico 3 sintetiza a experiência profissional na disciplina de Física, sendo que os professores demonstram um equilíbrio entre os momentos da carreira inicial, intermediária e final.

**Gráfico 3: Tempo de docência em Física**

Fonte: o autor

Apenas oito professores declararam que não trabalham com FMC nas suas escolas. Entre os professores que trabalham esse conteúdo, usam recursos materiais diversificados, conforme o quadro 10 a seguir:

Recursos	Quantos utilizam
Vídeos	14
Livro didático	11
texto de divulgação científica	10
simuladores	5
Paradidáticos	4
Outros	2

**Quadro 10: Materiais utilizados para o ensino de FMC**

Fonte: o autor

Quanto a outros recursos, foi possibilitado que os professores os relacionassem, sendo que foram citados: sites, artigos, planetário, observatório e laboratório.

A respeito dos temas tratados, utilizamos os temas propostos por Ostermann e Moreira (2000), sendo que cada professor poderia marcar mais do que um tema. Neste momento, destacamos apenas os temas apontados sintetizados no quadro 11:

Tema	Número de professores
Raios X	12
Efeito Fotoelétrico	11
Big Bang	11
Dualidade onda-partícula	10
Fissão e fusão nuclear	10
Radioatividade	10
leis de conservação	9
origem do universo	8
metais e isolantes	8
Supercondutores	8
Semicondutores	7
fibras ópticas.	7
átomo de Bohr	7
forças fundamentais	7
partículas elementares	6
relatividade restrita	6
estrutura molecular	4
Laser	3

**Quadro 11: Temas abordados no ensino de FMC**

Fonte: o autor

Nesta questão, foi deixado um espaço em aberto para que o professor acrescentasse algum outro tema com que ele trabalha e que não estivesse contemplado no questionário, porém nenhum professor fez uso. Do total dos professores, 4 não se colocaram à disposição para serem entrevistados.

Ainda nestes mesmos encontros, foram indicados pelos próprios professores alguns de seus colegas, os quais desenvolviam práticas pedagógicas em FMC de forma contínua, como é o caso do entrevistado P1 que, apesar de não fazer parte da rede pública, foi indicado, pois trabalha em sua escola tópicos de FMC que constam do seu plano de trabalho docente em todas as três séries do EM.

### **5.1.2 Professores entrevistados**

Para a escolha dos professores a serem entrevistados levou-se em conta os seguintes critérios: deveriam apresentar, no questionário, que já trabalhavam com temas de FMC e se colocassem à disposição para serem entrevistados; os mesmos não deveriam trabalhar na mesma escola do pesquisador; e não deveriam ter sido alunos de graduação do pesquisador.

Os professores entrevistados foram quatro homens e duas mulheres, cinco de escolas públicas e um de escola particular. Estavam em estágios de carreira e de faixa etária diferentes, variando na faixa dos vinte anos até os cinquenta anos. Em relação à formação para a docência, todos são licenciados em Física, sendo que três possuem também bacharelado em Física. Dois deles têm formação em licenciatura em Matemática com habilitação em Física.

Um dos professores possui mestrado na área de concentração de engenharia e os demais possuem especializações diversas.

Todos os professores das escolas públicas são do Setor Centro do Núcleo Regional de Curitiba e o professor da escola particular é também da mesma região geográfica.

O quadro 12 mostra a formação inicial, tempo de docência, tempo de docência em Física e qual rede de ensino em que trabalha cada professor entrevistado..

Professor	Formação inicial	Tempo de docência	Tempo de docência em Física	rede
1	licenciado em Física	7 anos	7 anos	particular
2	Bacharel e licenciado em Física	10 anos	10 anos	pública
3	Ciências com complementação em Física	17 anos	10 anos	pública
4	Bacharel e licenciado em Física	6 anos	6 anos	Pública
5	Bacharel em Matemática e Licenciada em Física	13 anos	13 anos	Pública
6	Licenciado em Física	25 anos	25 anos	Pública

**Quadro 12: resumo perfil dos entrevistados**

Fonte: o autor

## 5.2 Análise das entrevistas iniciais

Na análise das entrevistas foram utilizadas as seguintes categorizações:

- 1) quanto às justificativas para trabalhar FMC no EM;
- 2) quanto à organização do trabalho pedagógico em FMC:
  - i) quanto ao encaminhamento metodológico e os materiais utilizados;
  - ii) quanto às vertentes utilizadas no trabalho de FMC;
- 3) quanto às dificuldades apresentadas em tratar FMC:
  - (i) quanto à formação profissional (inicial e continuada);
  - (a) quanto à avaliação do processo ensino aprendizagem em FMC;
  - (b) do aluno e;
  - (ii) da organização do trabalho pedagógico do professor em FMC.

### 1) Justificativa para trabalhar FMC no EM

São diversas as razões apresentadas pelos professores para trabalhar FMC no EM, tais como:

- a) aspecto motivador;
- b) influência de cursos institucionais;
- c) vestibular;
- d) compreensão dos equipamentos do cotidiano.

Na sequência, apresentaremos transcrições<sup>9</sup> de trechos das falas dos professores que exemplificam estas ideias.

#### **a) aspecto motivador**

A motivação é intrínseca ao ensino-aprendizagem, é pessoal e os fatores que a causam são diversos. Ela pode partir tanto do aluno como do professor. Qualquer que seja a parte de onde ela vier, pode ser um fator incentivador para o trabalho com novos conteúdos que ainda não possuam uma tradição dentro da cultura escolar.

O P4 coloca razões pessoais e também por ser um fator de incentivo e motivador para os alunos, fazendo com que os mesmos participem mais das aulas de Física.

“Em primeiro lugar porque eu gosto... em segundo lugar porque eles gostam... eles gostam de ouvir e perguntam bastante... questionam bastante... principalmente sobre partículas elementares... de que forma toda matéria... fala de quarks... confinados de prótons... coisas que raramente eles escutam... buraco negro... é... o início do universo... esse é o mais polêmico de todos né... Big Bang... agora no primeiro ano que eu estava... “Quando é que você vai falar do Big Bang?”... eu falo: Calma, mais uma aulinha .. e tal...”.

Enquanto o P5 destaca que a Física não é aquela que está no cotidiano escolar:

“[...] na verdade assim.. eu... é um interesse meu mesmo assim... não vamos colocar isso aqui ...digamos, é um caminho pra abrir e pra mostrar que a Física não é aquela coisa ... só isso e acabou...”.

P6 afirma que a motivação é definida pelo relacionamento com a turma:

“[...] geralmente vai ser mais de acordo com a própria turma.. está entendendo, quando eu vejo que a turma... eles se desprendem.. e querem

---

<sup>9</sup> Nas transcrições, será usado o sinal de reticências quando for sinalizada uma parada breve do entrevistado, enquanto as reticências entre colchetes correspondem a supressões e junções de ideias do entrevistado.



adquirir mais... querem se aprofundar mais, aí a gente pode de vez em quando entrar com uns tópicos... mas não é sempre que a gente consegue...”.

Observamos, pelos extratos destes três professores, que a motivação é própria e também de seus alunos. Esse é um viés importante que devemos considerar, porém não é único, pois como veremos, existem outras razões, tanto apontadas pelas entrevistas como nas pesquisas da área.

### **b) influência de cursos institucionais**

As Diretrizes Curriculares Estaduais de Física suscitam o trabalho com FMC em todo o Ensino Médio. P3 comenta que este é um dos fatores que o motivou a trabalhar com o tema:

“Olha... eu não sei se foi intuitivo... na verdade a gente acaba indo pra cursos... a gente vê coisas e a gente ouve coisas ... quer buscar coisas novas... a gente vê as tendências... e vê também [...] a gente esta com novas maneiras de avaliação... os conteúdos... a nossa Diretriz ... ele pediu isso... a gente vem acompanhando isso... acho que foi num contexto todo... foi isso...”.

### **c) vestibular**

P1, além de professor, também trabalha como coordenador pedagógico. Ele demonstra, neste extrato, uma preocupação como mantenedora de incluir conteúdos de FMC,

“eu vou te dizer de dois pontos de vista ... eu vou te dizer do ponto de vista das 28 unidades de cerca de 50 professores de Física, nenhum deles teve nenhuma solicitação nós temos um centro de estudos e pesquisas e regulamenta o nosso currículo nenhum professor da rede solicitou que a Física moderna fosse tratada diferente ou que fosse distribuída no currículo ou fizesse parte do currículo, então isso foi uma diretriz, ‘a instituição’. `A instituição, a coordenação de Física, lendo artigos publicados no SNEF, que o caminho não era vender como um pacotinho fechado, que não tenha relação nenhuma com o resto da Física, então a gente optou com base nestas leituras, acompanhando esses painéis por alguns congressos e remodelar o ensino e instituir um currículo, até por que a instituição tem uma preocupação inegável que é o vestibular e muitas universidades cobram conteúdos de Física moderna em suas avaliações, esse não foi um dos motivos principais mais foi um dos “.

P3 além de apontar as influências de cursos institucionais:

“o vestibular pede também isso”.

demonstra, nesse extrato, que existe também uma preocupação com a cobrança deste tipo de questões no vestibular.

Entretanto, não se esquivava em afirmar que esta medida tem como motivação principal a cobrança no vestibular, ainda mais em se tratando de uma instituição particular, pois nela o vestibular tem papel predominante.

#### **d) compreensão dos equipamentos do cotidiano**

A necessidade de compreensão e a utilização dos equipamentos presentes no cotidiano do aluno são, para P2, uma razão para ele trabalhar os temas no Ensino Médio.

“O que me motivou é eu como aluno, que eu sempre falo assim... a Física que eu tive em sala de aula, que às vezes eu sou obrigado a dar porque faz parte do currículo e tal, dependendo, é chato de trabalhar em sala de aula [...] que todo professor de Física, falava, falava e acho que sempre vai falar é que a Física ela está sempre presente no nosso dia-a-dia, e o aluno tem dificuldade de ver onde ela está presente né, ele sabe que a Física, está presente lá no computador, tá mas e daí aonde? Então é esse tipo de coisa que me motivou a correr atrás, o aluno saber explicar coisas que realmente, que ele faz uso no dia-a-dia que às vezes passa batido”.

Não estão claros nos extratos de P5, entretanto em conversa não gravadas ele afirma que a Física necessita aproximar-se do aluno, ou seja, o aluno deve ficar mais próximo da tecnologia que faz parte do seu cotidiano.

A motivação para P5 é o de tornar mais significativas as teorias pouco exploradas no EM, que ficam apenas no senso comum:

“A origem do universo... como que começou ... mas pelo lado físico... toda aquela, aquelas experiências em si que foram feitas... eu colocando as possíveis, o que poderia ser feito no universo exatamente... como seria ali...”

e a história do Big-Bang, foi acho a mais marcante ... que todo mundo gostou ... da história do big-bang foi um espetáculo né... ai eles: “ah era isso...”.. o que estava lá a parte deles era teoria... só a teoria... mais nada...”.

As justificativas que observamos nas pesquisas são inúmeras, tais como: anseio de uma formação voltada para o exercício da cidadania e a influência dos conhecimentos contemporâneos na sociedade (TERRAZZAN, 1994); o caráter instigante que os temas de FMC tem para os alunos (WILSON, 1992); o despertar a curiosidade no aluno e reconhecer a Física como empreendimento humano, para transmitir aos alunos uma visão mais correta dessa ciência e da natureza do trabalho científico, através da superação da visão linear do desenvolvimento científico (OSTEMANN e MOREIRA, 2000) e o incentivar novas carreiras científicas (STANNARD, 1990).

As justificativas apresentadas por todos os professores deixam clara a busca de uma atualização curricular, uns afirmando mais veementemente e outros de forma velada. Acreditam que esta atualização é um fator motivador para os alunos e para eles próprios, pois os aproxima do cotidiano no qual estão inseridos. Entretanto, aparecem também, como ocorre também com a FC, a necessidade de preparação para o vestibular, já que nos últimos anos a principal universidade do estado começou a incluir, no seu processo de seleção, questões envolvendo principalmente dualidade onda-partícula e efeito fotoelétrico.

## **2) Organização do trabalho pedagógico em FMC**

### **2i) encaminhamento metodológico e os materiais utilizados**

Através do encaminhamento pedagógico que o professor faz em sua aula, podemos compreender as vertentes de inserção dos temas de FMC, bem como quais os materiais que são utilizados durante sua prática docente.

Os materiais utilizados em sala de aula se restringem, na maioria das escolas, ao quadro de giz, giz, retroprojektor e televisão multimídia<sup>10</sup>. Nas escolas que possuem um laboratório de Física, estes normalmente são conjugados com Química e Biologia; e os professores dificilmente dispõem de tempo para preparo de suas aulas práticas.

Hoje, as novas tecnologias estão sendo integradas às salas de aula; como o uso de **simuladores**, que podem suprir falta de equipamentos básicos e também equipamentos sofisticados, principalmente no que tange os experimentos de FMC. A utilização de **vídeos**, disponíveis na rede mundial de computadores (Internet), podem ser outra fonte de enriquecimento das aulas de FMC no EM. Esses vídeos podem ser editados, tornando mais produtiva a sua utilização, porém isso demanda tempo e habilidade específica por parte do professor.

O encaminhamento metodológico, juntamente com os materiais e a vertente utilizada, podem fornecer elementos que nos permitirão inferir sobre a criatividade didática e a operacionalidade, sendo estes elementos fundamentais para a efetiva terapêutica didática dos temas de FMC.

Para compreendermos a prática docente quanto aos seus encaminhamentos e materiais utilizados, fizemos a opção de discutir cada professor individualmente, pois assim podemos compreender melhor quais foram suas opções metodológicas.

No quadro 13 mostra um resumo dos temas tratados pelos professores e quais materiais foram utilizados.

<b>professor</b>	<b>Temas destacados pelo professor</b>	<b>Materiais utilizados</b>
1	Relatividade Especial e Efeito Fotoelétrico	Simulador e Internet
2	Fissão nuclear Efeito Fotoelétrico e Raios X	Simulador, Kit de robótica e filtros, Câmera de vídeo e internet
3	Origem do universo (Big Bang) e Fusão Nuclear	Internet
4	Origem do universo e Física Quântica	Fotos e internet
5	Dualidade onda-partícula Fibra ótica	Internet Vídeo e Fibra ótica
6	Relatividade Especial e Estrutura molecular	Não foi possível identificar

**Quadro 13: temas e materiais utilizados nas práticas docentes**

Fonte: o autor

<sup>10</sup> Nas escolas públicas do Paraná todas as salas de aula contam com uma televisão multimídia, com entrada para pen drive, onde o professor pode fazer uso de fotografias, vídeos e apresentações multimídia.

## Professor P1

Dentre os 14 temas essenciais propostos no questionário (apêndice 1) este professor optou em falar de Relatividade Especial e Efeito Fotoelétrico, pois:

“[...] a teoria da relatividade na primeira série é um conteúdo curricular cobrado nas avaliações visando uma abordagem histórica e conceitual, a parte das contas [...] não perca tempo fazendo aquelas contas com números porque aquelas contas dão com números quebrados, mostre como faz mas não perca tempo com isso mas com a parte histórica e com a teoria e com o que aconteceu com aquele período, quais eram as dificuldades? E aquilo mudou né as aplicações, tecnologias provenientes então isso é cobrado dentro do currículo. Na segunda série, a dualidade onda-partícula e parte do efeito fotoelétrico, a mesma coisa a gente trabalha cobrando algum tipo de avaliação e dando ênfase a parte conceitual e histórica”.

Este professor também trabalha como coordenador pedagógico da instituição<sup>11</sup> na área de Física e, já na seleção dos temas, o mesmo afirma que estes conteúdos já são curriculares, ressaltando que a opção é trabalhar com o foco conceitual e histórico.

A operacionalidade é questão central para que um conteúdo faça parte da cultura escolar de Física, e quando tratamos de FMC, essa ainda não se efetivou, o que mostra no extrato seguinte:

“[...] eu tive uma experiência bem sucedida no ano passado com os alunos da segunda série que a gente tinha no fim do ano programado um cronograma para trabalhar o efeito fotoelétrico e a teoria da relatividade. Então eu juntei estas duas coisas em uma palestra em contraturno, fora da aula... sobre Einstein, daí ela foi dividida em duas etapas: Teoria da Relatividade e Efeito Fotoelétrico. Foi uma experiência bem interessante e teve boa aceitação dos alunos. Em sala de aula, no ano retrasado, quando trabalhei relatividade com a primeira série, a gente também falou um pouquinho sobre o histórico de Einstein e a gente fez alguns cálculos de uma forma meio lúdica, um exemplo assim: se o Schumacher toda a vida dele que ele andou em um Fórmula Um, pega a velocidade média, quantas horas passou dentro de um carro de Fórmula Um com aquela velocidade, o que mudou no tempo dele, do cara que ficou parado e não correu para mostrar o quão insignificante para velocidades baixas. E aí eu usei neste mesmo ano algumas simulações visuais sobre a relatividade, como seria o que aconteceria com o espaço, com o tempo quando você vai se aproximando em fatores. Usei muitas simulações computacionais”.

---

<sup>11</sup> Quando nos referimos a este colégio particular vamos chamar de instituição.

A busca em colocar certos conteúdos dentro do tempo didático da sala de aula é um desafio da **operacionalidade**. No entanto podemos também notar traços que indicam a **criatividade didática** deste professor, quando trata de relatividade a baixas velocidades e no uso de simulações.

Outra característica da **operacionalidade** é que o saber possa ser apresentado na forma de exercícios, atividades e tarefas. O professor e seus colegas produziram textos, utilizaram exercícios de vestibulares e de LD:

“[...] produzimos um texto sobre Relatividade e um texto sobre Efeito Fotoelétrico que foi usado como referência, além de exercícios, e de ir atrás do que já tem em ensino médio de relatividade, sobre efeito fotoelétrico fizemos um apanhado destes exercícios, bolamos algumas listas de exercícios”.

Na **criatividade didática** não basta que o professor utilize recursos adaptados de outro nível de ensino, ou de outras práticas desenvolvidas. Na realidade, o professor deve criar estratégias e materiais didáticos que atendam a sua realidade escolar. O professor, para trabalhar a Relatividade Especial, utiliza um exemplo na:

“[. .] primeira série que viu toda a mecânica, daí eu fiz uma aula contando a experiência do relógio atômico colocado em um avião - por incrível que pareça deu tempo diferente,... daí eu simulei uma historinha que aquilo fez a gente questionar é... eu meio que criei uma historia para questionar a Física clássica, mostrei que de fato isso foi feito por Einstein tal, e que tudo que a gente viu em mecânica tem limitações...existe a teoria e existe um limite de aplicabilidade, se o mundo, grosseiramente falando.... se o mundo fica muito rápido, é necessário algumas correções. Isso se mostrou necessário em satélites e tal, daí eu entro em todos os detalhes da relatividade e por fim mostro que... enfim... os alunos não acreditam muito nisto tudo que é muito mágico... como assim o tempo vai mudar, o espaço vai mudar, daí eu cito a casa dos múons que deveriam decair antes de tocar a atmosfera e se detecta... daí eu finalizo isso na primeira série...”.

Na prática de Relatividade Especial, quando aplica em outro momento, utiliza outra estratégia didática, como é o caso:

“na segunda série eu um pouco diferente, os alunos já viram magnetismo daí eu coloco uma problematização de um próton jogado em um campo magnético quem tá parado vai ter que desviar para onde? Daí eu faço a regrinha força, velocidade e campo ahhh daí os alunos respondem vai desviar para a direita.... e perai, e se eu estiver viajando do lado do próton, daí não há desvio... daí como assim dois referenciais tão vendo a mesma coisa e tão dizendo coisas diferentes, o próton não pode ir reto daí eu exploro bem essa possibilidade até que os próprios alunos, mesmo que contra a vontade, dizem que a teoria está errada... daí eu digo a teoria não

tá errada, mas nos encontramos numa limitação daí eu faço uma outra abordagem, daí eu entro na relatividade por essa problematização.

No caso do encaminhamento metodológico da prática de Efeito Fotoelétrico, ele utilizou uma simulação de forma demonstrativa disponível na Internet:

“simulação a gente foi buscar o que tinha na rede né, na internet, a gente fez pesquisas e encontramos muitos simuladores, simulações em Java [...]; estas simulações foram utilizadas de forma demonstrativa, onde mostrava os recursos que permitiam entender os fenômenos”

O professor optou este encaminhamento demonstrativo:

“porque não havia condições técnicas de levar os alunos para o laboratório de informática, pois este possui apenas 20 equipamentos e a turma tem 50 alunos”.

Para que os alunos manipulassem a simulação, o professor disponibilizou as mesmas no portal do colégio, porém ele ressalta que nem todos os alunos acessaram:

“[...] o que percebi foi que os alunos mais interessados foram lá, baixaram, usaram, alguns foram lá, baixaram e não conseguiram usar apesar da interface ser amigável. Mas eu diria que a metade não foi atrás, não se envolveu com a simulação” .

As simulações usadas apenas de modo demonstrativo não despertaram nos alunos interesse para descobrir novas possibilidades. O professor apenas disponibilizou a simulação, não propôs uma atividade, carecendo buscar uma melhor operacionalidade.

## **Professor P2**

P2 escolhe como mais relevantes em sua prática a Fusão e a Fissão Nuclear e o Efeito Fotoelétrico. Na primeira, ele busca uma interação com a Física Clássica, não buscando os seus limites, mas sim uma sequência que o mesmo considera lógica.

“Eu tinha começado conteúdo de calorimetria, a parte de calor tal, e daí dentro dessa parte de calorimetria já dei um gancho no... voltei um pouquinho na parte de dilatação e usei um pouquinho a dilatação dos gases, e daí, como sempre em todo ano acontece, algum aluno pergunta sobre explosão... o que é explosão... tal... e daí nessa definição numa aula

eu consegui explicar o que é uma explosão né, e daí na aula seguinte eu trouxe essa historinha aqui... que aquela turma fazia parte de um país e que nosso país estava em guerra, e foi como se tivesse... fiz associação com a história do mundo e tal, e essa foi a motivação pra começar... então o gancho foi a pergunta que todo ano aparece...é a questão das explosões né [...]"

Um dos marcos históricos mais importantes da história da humanidade, sem sombra de dúvida, foi a Segunda Guerra Mundial. O símbolo desse término, com o lançamento da bomba nuclear pelos Estados Unidos sobre o Japão, até hoje ainda causa comoção e também preocupação.

P2 utiliza o este retrospecto histórico na segunda série, onde utilizou:

"[...] imagens né... a respeito das bombas atômicas de Hiroshima e Nagasaki daí eu falei de todo o processo... do projeto Manhattan e tal... daí eles se assustam que é um negócio relativamente simples de entender ali... e é tão perigoso assim...foi aí que eu trabalhei a fissão e fusão nuclear... daí a gente comenta um pouquinho da radioatividade daí a gente aproveita que o professor de química tava dando decaimento... e tal... daí eu juntei... não foi muito experimento mas... teórico demonstrativo..."

O encaminhamento foi conceitual e histórico, utilizando:

"Na aula de fissão e fusão eu usei pesquisa deles mesmo...não deu pra fazer aqui na escola, queria ter levado eles ao laboratório e mostrar como se faz uma pesquisa... que no ensino médio apesar de terem estudado um monte, ainda não sabem fazer... Mas eles trouxeram texto para sala de aula, e a gente fez um debate".

O levantamento de dados feito pelos alunos fora de sala de aula mostrou alguns problemas, e o professor deixa isso claro, no extrato acima, entretanto esse professor também tem clareza em relação à necessidade de criar condições para que o levantamento de dados seja mais produtivo.

O professor torna-se um tutor dos alunos, cabendo o papel de orientação e direção do processo, para tanto

"[...] antes de fazer o debate eu liberei algumas aulas para ele se separarem em grupos, então um grupo era a favor, um grupo era contra, um grupo era de jornalistas que deviam saber um pouquinho de cada coisa...então nestas aulas eu ia intervindo eu via os materiais que eles iam trazendo, eu dizia veja esse e esse ponto e tal para que na hora do debate para defender uma ideia".

No encaminhamento proposto, foi sugerido um "jogo", onde iriam decidir pela construção ou não de uma bomba nuclear. Para tanto, foram montados grupos que apresentariam os pontos a favor e contra, tanto para a construção quanto para a não



construção da bomba. Esses grupos teriam um tempo estipulado para a apresentação de seus argumentos.

Para a tomada da decisão sobre a construção da bomba nuclear, o professor relata que montou

“[...] uma comissão que iria decidir se íamos construir a bomba nuclear ou não, foi como um jogo em sala de aula. Então, em uma aula cada grupo apresentou a sua opinião o grupo a favor e o grupo contra, teve uma das turmas que um grupo fez um telejornal, como se tivesse assistindo, o moço que apresentou, fazendo entrevista como os participantes dos grupos. Depois de apresentadas as ideias, nesta aula era somente para apresentar as ideias, vinte minutos para cada grupo, e na aula seguinte o debate, onde um grupo poderia fazer pergunta ao outro grupo, onde até a coordenadora da escola, desculpe supervisora, a escola adorou a ideia, o rendimento dos alunos depois do conteúdo foi fantástico, em sala de aula também tem aqueles alunos que não querem participar mesmo, mas a maioria assim, preferiu esse tipo de aula do que a tradicional, do quadro negro”.

P2 utiliza uma técnica não comum na cultura escolar de Ensino de Física, o debate. A conclusão do mesmo foi de que houve um aproveitamento fantástico. Deve-se ressaltar que o professor teve uma operacionalidade de tempo e espaço e que, durante a apresentação das equipes, houve também uma criatividade didática por parte dos alunos, com o telejornal.

Relata ainda recursos em vídeo

“Teve um aluno que trouxe um documentário do.. acho que era da BBC que falava sobre a bomba de Hiroshima e Nagasaki, nesse documentário ele explicava um pouquinho das reações ali e mostrava imagens da bomba tal, e eu trouxe na internet achei um videozinho da bomba atômica, de um teste acho que no Novo México, você acha fácil na internet...”.

Para o Efeito Fotoelétrico, o professor também demonstra a necessidade de relacionar com conteúdos de FC, conforme o extrato abaixo:

“[...] é a eletricidade eu começo com a eletrodinâmica né, daí explico o que é corrente elétrica, ... tal... explico o que é diferença de potencial, explico que a gente precisa de uma fonte de energia... daí eu trago, na verdade eu não trago, porque eu não tenho, mas algum aluno sempre acaba tendo uma calculadora que não tem bateria, mas que tem aquela plaquinha, aí vem aquela pergunta, se não tem bateria como funciona? Daí então que vem o gancho pra começa com o efeito fotoelétrico, ... começo com o movimento ondulatório, o que é uma onda, o que é... aí volto na lousa... como a onda...”

O professor utiliza o que podemos chamar material de baixo custo como é o sensor de uma calculadora, tendo novamente a formalização matemática como figura secundária, pois afirma:

“Foi mais conceitual, até mostrei a relação da energia da onda com a energia do elétron que sai dali tal, mostrei que não é qualquer átomo que

você consegue fazer isso né, mas não pedi nenhuma conta pra eles, eu só demonstrei as contas”.

P2 mostra uma grande preocupação do trabalho com o material concreto, relatando uma prática utilizando materiais tradicionais de laboratório didático de Física, mas também com equipamentos do cotidiano dos alunos, no caso a “calculadora solar”:

“[...] o efeito fotoelétrico a calculadorinha né... mostrei pra eles e consegui medir o potencial que sai daquela plaquinha da calculadora eles acharam bem legal... daí eu mostrei a pilha... para eles entenderem o funcionamento do multímetro... medi lá tranquilo... daí medi o efeito fotoelétrico daí eles entenderam que sai energia daquela plaquinha lá... é o que faz funcionar... daí a atenção deles no dia da aula e na aula seguinte... é fantástico eles gostam muito quando você traz coisas diferentes[...]”.

Os encaminhamentos não tradicionais trazem, ao próprio professor, por meio da preocupação, dos gestos, tom de voz e até em alguns extratos da entrevista, a necessidade de justificar que, apesar de não estar usando a cultura estabelecida no Ensino de Física, os encaminhamentos se sustentam.

“[...] daí na parte de fissão e fusão nuclear na segunda série... não foi experimento... eu trouxe só imagens né[...]”.

“[...] radioatividade daí a gente aproveita que o professor de química estava dando decaimento... e tal... daí eu juntei... não foi muito experimento mas... teórico demonstrativo[...]”.

O professor relata também outra prática, onde discute o tema raio X conceitualmente, porém ressaltando que não fez uma prática demonstrativa em laboratório.

” [...] do raio X eu não cheguei a fazer experiências com eles né... mas eu mostrei falei pra eles de que quando você freia um elétron, produz raio X e tal e falei da televisão. Daí eles se assustam... quando a televisão que apesar que todos estão ali tal... mas que... não é perigoso para eles... mas eles se assustam... tem raio X, tem radiação [...]”.

Os encaminhamentos metodológicos deste professor nos mostram indícios significativos de criatividade didática, como no episódio do uso da calculadora e também de operacionalidade não tradicional ao ensino de Física como “jogo”.

### **Professor P3**

O mesmo utiliza os temas de Origem do Universo e Fusão e Fissão Nuclear

“[...] A origem do universo ... a origem do universo ... como que começou .. mas pelo lado físico né... toda aquela, aquelas experiências em si que foram feitas... eu colocando as possíveis né, o que poderia ser feito no universo exatamente... como seria ali... e a história do Big-Bang, foi acho a que [...] da história do big-bang foi um espetáculo ... aí eles: “aí era isso”... o que estava lá a parte deles era teoria... só a teoria... mais nada [...]”

Podemos observar, por este extrato, que a prática docente em Origem do Universo foi expositiva e de forma conceitual.

“Na verdade foi assim, eles buscavam... até o terceiro ano [...] montaram, as experiências assim né... colocando .. digamos assim, simulando planetas e fazendo estourando... o planeta estourando no outro e formando outra..sabe .. uma outra.. uma cratera ... ficou muito legal sabe... bem bacana [...]”.

Os materiais utilizados, preparados pelos próprios alunos, foram uma dramatização sobre a Origem do Universo.

“[...] E também vamos citar aqui a Fusão Nuclear, que eles colocaram também como experiências... mostrando assim slides né... como que seria... eles juntaram e fizeram um programa dentro do computador mostrando tal... muito legal... foi uma experiência única... “.

No caso da Fusão Nuclear foi feita apresentação, pelos alunos, atividade para a qual os mesmos buscaram imagens:

“Na verdade foi a internet! Que foi colocada mais a parte da internet e também... é que eu tinha um aluno na sala que ele auxiliou em tudo... foi meu monitor em todas... ele tinha um acesso perfeito sabe... a parte né... mídias, tudo assim... sabe coloca...e eles montaram a experiência em cima de digamos assim... de... na parte de computadores assim... “desktop”... é... aquela parte toda lá... que agora é desktop... mas antes eles colocam imagens, em cima de imagens... em cima de cores..sabe... foi feito dessa forma... uma coisa bem diferente... “.

Quanto à operacionalidade, a professora utilizou um laboratório de informática com internet na escola, e utilizou a monitoria de um aluno que possuía maior conhecimento em navegação e montagem de apresentação, e indicava:

“[...] esses sites pra eles pesquisarem... fornecia assim materiais... foi o que eu forneci... então eu montei o kit pra eles... e entreguei... tá façam...”.

Esta prática foi parte de uma feira, onde:

“[...] eles apresentaram uma feira de ciências, que foram cinco dias, foi a feira assim ... a semana toda... foi num momento de exposições”.

P3 mostra poucos indícios de criatividade didática e operacionalidade e, pela sua entrevista, demonstra que ainda não possui uma terapêutica dentro de FMC.

### **Professor P4**

Este professor escolhe para destacar neste momento os temas de cosmologia e Física Quântica e descreve como executa a sua prática docente:

“A parte mais introdutória, que você vai potências de dez e notação científica eu sempre pincelo um pouco sobre isso... pra falar de ordens de grandeza... pra eles já aprenderem a trabalhar com base dez, e ver ali o limite de quando começa o mundo quântico, ou quando começa o macro cosmos né... nesse sentido [...]”

A internet é um recurso bastante vasto em vários segmentos, como é o caso da utilização das imagens do telescópio Hubble, que podem ser utilizadas em cosmologia, caso de P4.

“O único recurso que eu uso é em geral, fotos de satélite... galáxias, aglomerados de galáxias, quando eu vou falar de cosmologia, né... na parte de Física quântica, não tenho nada assim preparado... no máximo fotos... do Hubble principalmente dos Estados Unidos... mais bonitinho ... tal... os recursos da TV... “.

Observamos em P4 também indícios mínimos de criatividade e operacionalidade. Sem estes dois critérios a terapêutica fica comprometida, e os temas pelo que se observa em seus extratos são muito superficiais, ficando mais como informação do que novo conhecimento no caso em FMC.

### **Professor P5**

Os temas destacados por P5 na entrevista foram a dualidade onda-partícula e fibra ótica. No encaminhamento metodológico da dualidade onda-partícula, ele relata a utilização de vídeo e de uma prática de dupla fenda em ondas:

“A dualidade onda/partícula. Eu utilizei um vídeo... da USP... um vídeo bastante conhecido... acho que Dr. Quantum. Esse vídeo é bem interessante, eles ficam muito apegados no vídeo... utilizei uma cuba de vidro que eu mandei confeccionar... mas... poderia ter sido uma cuba de vidro maior... que tivesse um refratário talvez... coloquei em cima de um retroprojektor... e fixei duas réguas... é... e deixei uma fenda... como na experiência que a gente vê no desenho... dos livros... daí você coloca uma

lamina d'água... e com a régua mesmo... você coloca a régua na lâmina d'água e retira... você vai provocar ondas paralelas que a hora que ela passa pela fenda... elas vão paralelas e entram anguladas... então isso aí eles vêem no projetor... você projeta isso na parede... o que você está mostrando na cuba... que está em cima do teu projetor... como se fosse... um ...como é que se diz... um slide... ele vai pra parede e eles vêem a onda caminhando na parede... eles gostam muito de ver isso [...] “

O uso de vídeos é riquíssimo acervo, as ferramentas necessárias para *download* (baixar o vídeo), como para edição destes vídeos, estão acessíveis e, com conhecimento básico de informática, o professor poderá fazer o uso com excelente qualidade. Um assunto que muitos professores colocam como difícil de descrever e explicar, como é o caso da dualidade onda-partícula, pode ser facilitado com este recurso e foi o que fez P5, em uma animação que trata os conceitos com relativa propriedade.

“Do vídeo do Dr. Quantum... eles ficam muito impressionados... eles acham que não é... que não acontece... mas como isso ... se o elétron pensa... mas não... o elétron não pensa... o elétron tem comportamento alterado diante do medidor... né... ele tem um comportamento alterado... o medidor altera o comportamento dele... mas ele é inteligente? Não, ele não é inteligente... ele simplesmente tem um comportamento alterado diante daquele medidor...”

Sobre essa utilização do vídeo do Dr. Quantum, a professora destaca que há a necessidade de retomada, ou seja, a exibição linear do vídeo não é suficiente, o papel do professor na condução dos questionamentos é fundamental.

“[...] Você passa uma vez... depois você retoma...volta passa um pedacinho... para [...] Eles fazem... eles querem fazer retomada...eles pedem ... ah professora deixa eu ver de novo... não entendi aquela parte... normalmente quando você termina o vídeo e você questiona... mas eu não entendi...”

P5 utiliza, para trabalhar fibra ótica, um adereço bem comum em “lojas 1,99”, mostrando uma preocupação principalmente de como a luz se propaga dentro de uma fibra.

“A fibra ótica a gente trabalha quando vai trabalhar... é segundo ano... com o assunto de luz né... e a gente mostra pra eles o... hoje a gente tem na casa de festa... aquele... é o... eu não sei o nome... um apagadorzinho... uma luminária... que tem aqueles cabelinhos... fiozinhos que parecem quase anzóis... sabe soltos... aí você mostra a “luzinha” que se transporta no fiozinho... aí você mostra pra eles... e a reflexão total que eu coloco numa cuba de vidro... uma experiência bem simples... e um raio laser... aí você projeta o raio laser numa água... numa cuba... aí você procura o ângulo de reflexão total... e aí eles veem o raio laser bate na água e volta... e fica aprisionado dentro do vidro...eles gostam muito de ver essa experiência...”

P5 utiliza, pelo que se percebe nos extratos, de atividades que buscam os limites da teoria clássica, entretanto a entrevista foi limitadora na compreensão desta prática especificamente, não conseguindo esclarecer como a prática se desenvolveu. Haveria a necessidade de um acompanhamento mais detalhado desta prática para conseguirmos identificar os indícios de criatividade didática e operacionalidade.

“Fibra ótica... na verdade são várias aulas pra você chegar a falar da fibra ótica né...você tem que desenvolver todo conceito de luz... depois de reflexão da luz... depois de ângulo limite...e aí você vai entrar na fibra ótica... agora a experiência em si... é simples... em menos de meia aula .... você faz a experiência... e aí eles fazem um relatório... terminam em casa... e te entrega”.

P5 aponta que o laboratório didático de Física é de fundamental importância nas aulas de Física, permitindo:

“[...] chegar mais informações... ter mais acesso até mesmo no próprio colégio, aí esse tipo de informação... mas como também algumas matérias que pudessem também... até trabalhar em sala de aula... que nem laboratório, disponível não tem ...o colégio que tem laboratório geralmente é depósito.... aí no laboratório de empilha livro ... um monte de coisa menos o espaço preparado pra você trabalhar com o aluno, laboratório principalmente é o que falei... o que eu mais trabalho como aula prática, seria isso, vou, pesquiso alguma coisa, fuço por ali, e faço eles conseguirem material... a gente corre atrás, consegue material... monta ali em sala de aula, e realiza experiência em sala de aula...”.

P5 aponta uma realidade de não valorização das atividades de laboratório na escola, os mesmos se tornam depósitos ou são subutilizados por falta de carga horária específica para preparo das práticas, ou mesmo falta de um professor responsável pelo laboratório.

### **Professor P6**

O P6 destaca como relevante em seu trabalho a Relatividade e Estrutura Molecular:

“Relatividade... é que eu não trabalho coisas isoladas, eu procuro trabalhar dentro dos contextos gerais né, o que eu informo no sentido de relatividade é sempre abordando o que, que as coisas não são fechadas e sim abertas... o que eu vou falando “gente tudo é relativo” o que a relatividade mostra pra gente é isso daí... que não existe nada fechado e nada fixo... em todas as

áreas sejam elas... tanto na ótica ou até mesmo na eletricidade... não é só na mecânica que a relatividade pode ser trabalhada... eles tem essa ideia... relatividade o que ta mostrando ali que as coisas depende do ponto de vista que se observa, e de quem esta observando... então eu sempre procuro abordar isso com eles em todas as séries... a relatividade, quando a gente fala relatividade... que é mostra isso pra vc... o quanto você esta focando e daonde você esta focando, muitas vezes depende de como você olha e de como você olha, você vai ter um foco diferente da coisa..."

Durante os extratos não foi possível identificar a criatividade didática e operacionalidade, também não ficando claro com este instrumento de coleta de dados como estas práticas ocorreram, necessitando de outro instrumentos para elucidá-la.

"A gente pega mais no terceiro ano, quando vai fazer a introdução a respeito da própria... do eletromagnetismo, a gente fundamenta tudo em cima de que... que eu falo pra eles ó, isso vai ta fundamentado onde... justamente... principalmente por causa do átomo de Bohr... onde desenvolve o átomo de Bohr... quase toda essa dinâmica nova a respeito da estrutura do material... aí sim você começa a ter clareza.. então sempre nos terceiros anos no início eu falo sobre o átomo de Bohr... apesar de que isso já é quinta... mas eu volto com eles o modelo atômico... todo aquele sistema né.... os elétrons... o núcleo... pra eles terem uma ideia de eletricidade ... aí eu falo pra eles...nós vamos usar o que.. aplicado ao elétron... ta mas da onde vem essa base? Aí eu mostro pra ele..."

Uma das maiores reclamações dos professores é o pouco material didático em FMC, o que também pesquisadores como Rezende Jr (2001) aponta como um dos gargalos para a efetiva implantação destes temas no currículo de Física. Esta é uma preocupação apresentada por P6.

"Apenas a explicação... entende... não tem muito material palpável...pra se trabalhar né [...] É mais também comentando, porque a gente não tem material...pra mostrar pra eles... pra fazer assim uma experiência bem mais clara...a gente comenta a respeito da fibra ótica... que ela é atual .. que ela esta sendo utilizada, hoje .. ela tem desenvolvido muito... até o próprio sistema de telecomunicações é tudo em cima de fibra ótica... então eu do uma contada pra eles... to uma ideia pra eles... só pra eles não ficarem tão alheios ao assunto..."

Materiais didáticos envolvendo FMC têm papel preponderante para que os temas de FMC sejam incorporados aos currículos e planejamentos dos professores de Física. Os materiais carecem de uma transposição didática adequada ao nível de ensino, encontramos poucos materiais didatizados para o Ensino Médio. Este gargalo deve ser suplantado, entretanto apesar destas dificuldades os professores utilizam materiais que eles próprios produzem ou adaptam, isto sem sombra de dúvida mostra uma criatividade didática por parte destes entrevistados.

## 2ii) Vertentes utilizadas no trabalho de FMC

Nesta categoria de análise, o caminho metodológico é compreendido em três vertentes representativas: **o da exploração dos limites dos modelos clássicos; a da não utilização de referências aos modelos clássicos; e da escolha de tópicos essenciais** (ALVETTI e DELIZOICOV, 1998; TERRAZZAN, 1994; PEREIRA, 1997; CAMARGO, 1996; OSTERMANN e MOREIRA, 2000); e também quais foram as experiências mais significativas para o professor.

Os entrevistados podiam se remeter ao primeiro questionário respondido nessa pesquisa (apêndice 1), onde se referiam aos tópicos que já tinham abordado no EM, a partir de uma listagem inspirada naqueles propostos por Ostermann e Moreira (2000) (efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, Big Bang, estrutura molecular, fibras ópticas).

As entrevistas mostraram uma gama diversificada de temas trabalhados pelos professores tais como: relatividade restrita, efeito fotoelétrico, dualidade onda-partícula, e cosmologia, conforme se pôde observar na análise dos questionários, apresentada no capítulo 5.

Os professores entrevistados foram solicitados a destacar duas das suas práticas mais significativas, uma vez que acreditamos que são as que o/a professor/professora possui melhor percepção, e seria, assim a prática que teria mais possibilidade de ser repetida, ou seja, poderá ter terapêutica didática.

O relato de P1 sobre uma prática que ocorreu em uma primeira série, onde inicialmente trabalhou toda a mecânica clássica do Ensino Médio, e depois trabalhou com a relatividade restrita. Já nesta fala inicial o professor mostra uma criatividade didática.

“[...] turma primeira série que viu toda a mecânica daí eu fiz uma aula contando a experiência do relógio atômico colocado em um avião por incrível que pareça deu tempo diferente,...daí eu simulei uma historinha que aquilo fez a gente questionar é... eu meio que criei uma história para questionar a Física clássica mostrei que de fato isso foi feito por Einstein tal, e que tudo que a gente viu em mecânica tem limitações...existe a teoria e existe um limite de aplicabilidade se o mundo, grosseiramente falando... se



o mundo fica muito rápido é necessário algumas correções isso se mostrou necessário em satélites e tal, daí eu entro em todos os detalhes da relatividade[...].”

O professor utiliza uma história adaptada de situações tradicionais descritas em livros acadêmicos, com o intuito de discutir com os alunos a relação do tempo/espço, usando o limite da teoria clássica. Para tanto, o mesmo utiliza as limitações da FC para inserir o conteúdo de Relatividade Especial.

Uma 'experiência mental' (*Gedanken Experiment*) que é um exame mental de como funcionaria uma em condições extremas, é feito em forma de uma experiência imaginária; é utilizada pelo professor como estratégia de ensino, fazendo assim uma contextualização e também uma didatização proposta pelo professor, mostrando uma certa **criatividade didática**.

P6 também opta por trabalhar com relatividade, e pelo extrato de sua fala observa-se que o mesmo quer mostrar que a Física é uma ciência em construção.

“Relatividade... é que eu não trabalho coisas isoladas, eu procuro trabalhar dentro dos contextos gerais né, o que eu informo no sentido de relatividade é sempre abordando o que, que as coisas não são fechadas e sim abertas... o que eu vou falando “gente tudo é relativo” o que a relatividade mostra pra gente é isso daí .. que não existe nada fechado e nada fixo... em todas as áreas sejam elas.. tanto na ótica ou até mesmo na eletricidade.. não é só na mecânica que a relatividade pode ser trabalhada... eles tem essa ideia... relatividade o que ta mostrando ali que as coisas dependem do ponto de vista que se observa, e de quem esta observando... então eu sempre procuro abordar isso com eles em todas as séries... a relatividade, quando a gente fala relatividade... que é mostra isso pra você... o quanto você está focando e de onde você está focando, muitas vezes depende de como você olha e de como você olha, você vai ter um foco diferente da coisa...”.

Tenta se esquivar-se do senso comum, buscando fazer associações, entretanto conforme demonstra o extrato ele recorre ao senso comum.

A utilização de **tópicos essenciais** é utilizado pelos P1, P2, P3 e P4, entretanto o P1 mostra uma articulação também com a utilização de **limites dos modelos clássicos**.

Os conteúdos de FMC não podem ficar restritos apenas ao final da terceira série, ou isolados de outros conteúdos, os extratos do P1 evidenciam esta ideia

“[...] fiz uma proposta pra gente dividir, não colocar tudo num pacote, a gente conseguiu colocar a relatividade logo após a parte de cinemática jogar pra esse lado e trabalhar a quantização de energia foi uma experiência interessante dentro do assunto transmissão de calor depois que o professor falava de radiação do corpo negro ele pegava esse gancho de... de é ele falava na verdade de convecção, condução e irradiação, radiação do corpo negro e a catástrofe do ultra violeta é bem conceitual essa parte [...]”(P1).

“[...] olha o que retirei dos artigos foi simplesmente de não colocar a FM numa caixinha fechada no fim do ano... né... foi de distribuir... de colocar no currículo de sugerir essas abordagens eu confesso é uma concepção pedagógica minha do ensino de Física e... que talvez a experiência mostre que não seja a melhor com o tempo pois a cada ano a gente está avaliando como foi a resposta[...]”(P1).

Para P3 e P4 afirmam que o enfoque dado a um tema depende do ano e do momento do mesmo, conforme destaca os PCN's.

“[...] daí também depende do ano que você trabalha E... normalmente você trabalha no terceiro ano do Dr. Quantum... é no terceiro ano [...] A fibra ótica a gente trabalha quando vai trabalhar... é segundo ano (P3).

“Aí dependendo da época eu... esse ano eu vou dar no terceiro ano gravitação... Lá no finalzinho... normalmente eu tava dando no comecinho do segundo ano... por causa do livro deles... mais aí agora eu resolvi jogar lá pro final do terceiro ano... vamos ver o que dá... aí fica mais “relax” pra eles... fim de ano...” (P4).

Uma estratégia utilizada por P2 para trabalhar a fissão e a fusão nuclear foi a busca da interdisciplinaridade.

“[...] daí na parte de fissão e fusão nuclear na segunda série... não foi experimento... eu trouxe só imagens né... a respeito das bombas atômicas de Hiroshima e Nagasaki daí eu falei de todo o processo... do projeto Manhathan e tal... daí eles se assustam que é um negócio relativamente simples de entender ali... e é tão perigoso assim... foi aí que eu trabalhei a fissão e fusão nuclear... daí a gente comenta um pouquinho da radioatividade daí a gente aproveita que o professor de química estava dando decaimento... e tal... daí eu juntei... não foi muito experimento mas... teórico demonstrativo...”.

O levantamento utilizando a internet utilizada pelo professor como forma de condução do seu encaminhamento pedagógico de fissão e fusão nuclear, onde o mesmo propõe aos seus alunos a montagem de quatro grupos, um que seria a favor da construção da bomba nuclear, outro contra, o terceiro o qual chama de “jornalistas” que teriam o papel de questionador das duas defesas e o quarto grupo que faria responsável pela tomada da decisão.

“Na aula de fusão e fissão eu usei pesquisa deles mesmo... não deu pra fazer aqui na escola, que queria ter levado eles ao laboratório e mostrar como se faz uma pesquisa... que no ensino médio apesar de terem estudado um monte, ainda não sabem fazer... Mas eles trouxeram texto para sala de aula, e a gente fez um debate”(P2).

Para P2, quando se refere a pesquisa está mais se referindo à um levantamento. bastante bem comum nas práticas pedagógicas. Destaca também entraves técnicos como o uso do laboratório de informática por parte dos alunos, quando ele esclareceu que não havia uma pessoa para abrir e atender os alunos no laboratório.

A técnica de debate foi usada e a preparação em grupos foi feita durante as próprias aulas do professor, onde o mesmo utilizava orientação de rumos, o qual chama de “intervenção” aos materiais que os mesmos traziam.

“Daí antes de fazer o debate eu liberei algumas aulas para eles se separarem em grupos, então um grupo era a favor, um grupo era contra, um grupo era de jornalistas que deviam saber um pouquinho de cada coisa... então nestas aulas eu ia intervindo eu via os materiais que eles iam traziam, eu dizia veja esse e esse ponto e tal para que na hora do debate para defender uma ideia” (P2).

Cada grupo deveria inicialmente apresentar uma defesa de aproximadamente vinte minutos, onde o professor deixou livre como deveria fazer, onde os alunos apresentaram a sua criatividade como o caso da produção de um telejornal.

“eu fiz como se fosse um... na verdade uma comissão que iria decidir se íamos construir a bomba nuclear ou não, foi como um jogo em sala de aula. Então, em uma aula cada grupo apresentou a sua opinião o grupo a favor e o grupo contra, teve uma das turmas que um grupo fez um telejornal, como se tivesse assistindo o moço que apresentou, fazendo entrevista com os participantes dos grupos” (P2).

Após a defesa inicial seguiria o momento dos questionamentos mútuos, onde o mesmo destacou a ótima participação dos alunos:

“Depois de apresentadas as ideias, nesta aula era somente para apresentar as ideias, vinte minutos para cada grupo, e na aula seguinte o debate, onde um grupo poderia fazer pergunta ao outro grupo, onde até a coordenadora da escola, desculpe supervisora, a escola adorou adorou a ideia, o rendimento dos alunos depois do conteúdo foi fantástico, em sala de aula também tem aqueles alunos que não querem participar mesmo, mas a maioria assim, preferiu esse tipo de aula do que a tradicional, do quadro negro” (P2).

P2 destaca o sucesso deste seu encaminhamento pedagógico, onde ele deixou de ser o protagonista de sua aula, classificando de ‘fantástico’ o trabalho realizado, destacando que os próprios alunos preferem aulas que apresentem este tipo de dinamismo, entretanto destaca que ainda não conseguiu atingir todos os alunos.

Outro viés apresentado foi de experiências ainda incipientes quanto a temas de FMC, apresentando apenas fragmentos de tópicos,

“ [...] A quântica é mais na parte introdutória pra primeiro ano... porque eu comento, porque isso desperta mesmo... bastante interesse da parte deles...”(P4)

“A origem do universo né... como que começou né... mas pelo lado físico... toda aquela, aquelas experiências em si que foram feitas... eu colocando as possíveis né, o que poderia ser feito no universo exatamente... como seria ali... e a história do big-bang, foi acho a que mais marcante né... que todo mundo gostou... da história do big-bang foi um espetáculo... aí eles: “aí era

isso... o que estava lá a parte deles era teoria... só a teoria... mais nada...”(P5).

Uma outra alternativa apontada no encaminhamento metodológico é trabalhar os temas de maneira conceitual, conforme afirma P2, quando tratou da quantização.

“Foi mais conceitual, até mostrei a relação da energia da onda com a energia a energia do elétron que sai dali tal, mostrei que não é qualquer átomo que você consegue fazer isso né, mas não pedi nenhuma conta pra eles, eu só demonstrei as contas”.

Todos os professores desta pesquisa demonstram a concepção da necessidade de ocorrer uma pulverização ao longo todo o Ensino Médio, pois conforme

” [...] têm defendido que a mesma não deve ser feita apenas no final do terceiro ano, após o eletromagnetismo, mas sim organicamente incorporada à apresentação e ao desenvolvimento das teorias clássicas (KARAM et. al, 2007, p.113).

Ao afirmar “olha o que retirei dos artigos” P1 mostra que além de conhecer o que as pesquisas em Ensino de Física Moderna e Contemporânea dizem a esse respeito, concorda com necessidade de que a mesma não fique apenas no fim, ou seja, como ele cita “caixinha fechada” no fim do terceiro ano. Albrecht (1989 citado por MOREIRA e OSTERMANN, 2000) usa o termo “salpicar” temas clássicos na Física Contemporânea, que além de sugerir a eliminação de alguns tópicos de FC, que a escolha de um número limitado, porém com uma abordagem rigorosa e profunda, é mais eficiente do que uma gama ampla de assuntos.

Quanto a justificativa das dificuldades para trabalhar com temas de FMC, o P2

“[...]porque o currículo que é gigantesco e o tempo é curto...no ensino por bloco a noite eu coloquei [...]”

destaca que a tradição cultural do currículo de Física foi um grande entrave, conforme mostra este extrato

“Em sala de aula eu comecei... a ideia eu já tinha a bastante tempo atrás...mas como era novo aqui no colégio e tal...eu dependia de outros professores acabava não colocando “isso” no planejamento, daí os professores mais antigos foram saindo aqui do colégio, aí eu comecei a mudar um pouquinho...daí este ano eu voltei pra sala de aula, 2008 e 2009 eu estava cuidado dos laboratórios de informática, então não deu para aplicar...então este ano eu só consegui colocar um pouquinho de coisa porque o currículo que é gigantesco e o tempo é curto...no ensino por bloco a noite eu coloquei...como é que o nome...me fugiu o efeito fotoelétrico...na faculdade eu tive as matérias normais do bacharelado, né...então em sala de aula esse ano consegui colocar direitinho o efeito fotoelétrico” (P2).

Em relação a vertentes utilizadas nesta pesquisa, verificamos que quase todos os professores utilizam conteúdos essenciais, mas alguns apesar de se enquadrarem nesta vertente, buscam neste momento explorar também o limite da teoria clássica, como é o caso dos professores 1 e 2 (quadro 11).

Os professores apresentam em seus extratos a dificuldade desta inserção dos conteúdos de FMC, entretanto buscam encontrar uma **criatividade didática**, e uma correspondente **operacionalidade** dos assuntos tratados, pois percebe-se que abordam de maneira diferente do que normalmente abordam a FC.

Professor	Exploração dos limites clássicos		Escolha de tópicos essenciais
	Utiliza	Não utiliza	
1	X		X
2		X	X
3		X	X
4		X	X
5		X	X
6		X	X

Quadro 14:Resumo das vertentes utilizadas pelos professores entrevistados em FMC

Fonte: o autor

### **3)Dificuldades apresentadas em tratar FMC**

#### **3i) Formação profissional**

A formação docente tem papel importante para o trabalho de temas de FMC no Ensino Médio, neste item iremos analisar a entrevista com o professor quanto a sua formação inicial e continuada quanto ao conhecimento disciplinar e principalmente a mediação didática para o ensino de FMC.

## Formação inicial

O professor afirma que não recebeu formação inicial quanto à mediação didática dos conteúdos de FMC. Apenas durante as aulas das disciplinas de conteúdos disciplinares ele utilizou os limites da teoria clássica, os quais utiliza durante as suas aulas.

“[...] em poucos momentos diria que a gente trabalhou o que mais se aproximou na disciplina de Física moderna quando fizemos a discussão da existência ou não do éter... levantar hipóteses a favor ou contra mas isso foi raros momentos tá... se o acadêmico não tá atento aquilo passa despercebido mas especificamente sobre a transposição não trabalhei em nenhuma etapa em nenhum momento” (professor 1).

Conforme afirma Rezende Junior (2001) um dos principais gargalos que dificultam a abordagem de FMC no Ensino Médio é a formação do professor de Física para trabalhar FMC, não somente do conhecimento disciplinar como também no conhecimento didático.

A formação específica do conhecimento físico em FMC parece ser satisfatória, porém a formação didática para trabalhar estes temas, ou é inexistente como afirmam P3, P2 e P4, chegando a causar até risos nervosos como é o caso da P5.

“Não, nenhuma...”(P3).

É o que a gente vê lá né... estrutura da matéria... e nada voltada pra ensino...(P4).

“[...] no bacharelado acho que como pesquisador me ensinaram muito bem, né ... fazer pesquisas, metodologia científica, métodos científicos tal... isso ensinaram a gente muito bem tanto na básica quando no laboratório especial que tem lá, que eles chamam, que é a Física moderna, agora na parte de licenciatura, ficou meio vago porque não, porque não tem algo específico pra essa [...]eles ensinam a dar aula tradicional, digamos, até usar umas metodologias diferentes, agora específico pra trabalhar Física moderna no ensino médio não tem, e isso depois que eu vim pra sala de aula eu percebi.. o quanto faltou né...”(P2).

“Não... Isso que é a minha frustração...(risos)” (P5).

Portanto uma formação didática específica de FMC é de vital importância já na formação inicial, e que trabalhos feitos na graduação como citado por P2, sejam ampliados.

“Não, não... até teve, tem uma disciplina lá... que é instrumentação para o ensino de Física que é disciplina obrigatória tanto pro bacharelado quanto pra licenciatura, nessa disciplina o professor da época, [...] que forçou a gente a trabalhar um pouquinho com esse daí, agora que eu lembrei que esse acho que foi único momento La dentro... foi esse... depois eu sei que ele saiu e voltou um professor com o método tradicional, fazia experimentos tal mas... nada relacionado a Física moderna...daí agora.. com aquela história do “FIBRA” né... agora que eles tão voltando a fazer aqueles projetos assim... não sei se eles já estão incluindo Física moderna, mas de Física clássica eu sei que tem bastante coisa...”.

P5 se ressentia da falta de preparação pedagógica conforme observamos neste extrato

“Mais... digamos assim .. mais...aprofundamento.. mas sabe, faltou alguma coisa [...] Como trabalhar... (com os alunos, observação do entrevistador) [...] Falta isso né... eles te dão...assim o... sinceramente... eles te dão a vara, não te dão o rio nem o peixe...”.

Estes extratos acima reforçam o que Garcia (2007) a necessidade de superação do modelo de racionalidade técnica, que normalmente marca a formação inicial, segundo a qual os professores seriam executores das orientações curriculares, mas deveriam ser práticos reflexivos enquanto produtores de saber.

Essa formação inicial como observamos não permite pela própria voz dos professores nos extratos serem executores das orientações, visto que nas orientações curriculares nacionais e as diretrizes apontam para o ensino de FMC, entretanto os professores entrevistados afirmam que sua formação não permite esta tarefa.

Entretanto, apesar de uma formação que apresenta esta lacuna, o ensino de FMC, está ocorrendo em nossas escolas, conforme o extrato abaixo que P6 afirma que a formação inicial

“[...] na verdade não foi muito... promissora não ... a gente não teve assim... vamos dizer assim... muito contato... o que a gente procurou mais foi curiosidade mesmo”.

Apesar das dificuldades da formação inicial os professores buscam, quer por questões pessoais ou por pedidos dos alunos, trabalhar com os temas de FMC. Apenas um professor relata uma breve experiência durante sua graduação com mediação didática de FMC, o que leva a refletir que devemos ter uma preparação neste quesito mais eficiente nas nossas faculdades de licenciatura em Física.

## Formação continuada

A formação continuada é um instrumento de formação do professor de vital importância, pois por melhor que seja sua formação inicial, a atualização neste mundo em constantes transformações científicas e tecnológicas é imprescindível.

Esta formação pode ser tanto em cursos, palestras, mini-cursos, oficinas, simpósios, encontros, etc. Destacamos aqui o Simpósio Nacional de Ensino de Física, que abriga desde estudantes da graduação a professores da pós-graduação; o Encontro Pesquisadores do Ensino de Física, este um tanto mais restrito, visto que o participante deve estar desenvolvendo pesquisa na área. Entretanto consideramos também aqui como formação continuada também as revistas científicas tais como: a Revista Brasileira de Ensino de Física, o Caderno Brasileiro de Ensino de Física e publicações correlatas; bem como o acesso a sítios na rede mundial de computadores, como o pión (<http://pion.sbfisica.org.br/pdc/>) da Sociedade Brasileira de Física.

P1 relata elementos quanto à sua formação continuada e às condições concretas de sua atividade profissional. Vide o extrato seguinte:

“[...] nós temos uma dificuldade hoje que se estende além da ‘instituição’ que é quanto tempo o professor tem para se dedicar a pesquisa... né... e quanto tempo ele tem para se dedicar a produção das aulas porque hora aula é para produzir aula, mas falta um momento para estudar para produzir a aula... né... então temos sim um pouco de dificuldade. O fato de ‘a instituição’ trabalhar com um centro de estudos e pesquisa que teoricamente esta destinado a essa pesquisa o tempo dificulta um pouco isso...diria pra você que na medida do possível sim, se eu não posso ir ao evento a pelo menos um evento por ano eu tenho acesso aos artigos”.

No extrato da fala do P1 acima, ele cita a questão do tempo escasso para se dedicar à pesquisas, estudos e à produção das suas aulas, para além da instituição na qual trabalha. Apesar dessa dificuldade, é importante ressaltar que esse professor se utiliza de uma estratégia que o permite ter formas de acesso ao que está sendo produzido e apresentado em eventos da área; na medida em que ele busca pelos artigos publicados nos eventos, ainda que não tenha tido possibilidade de participar do evento em si.

“[...] eu diria que o professor de Física tem que conversar com o professor de sociologia e o professor de história, localizar historicamente o momento e entender as pressões sociais para eu diria para ele ter uma visão mais



humana e holística da coisa não ficar preso só a ciência exata e de repente trocar uma ideia com outras áreas e ler artigos né buscar em artigos da área algumas referencias, ou que já foi feito” .

O professor destaca a necessidade da interdisciplinaridade, tempo para a pesquisa para o professor, formação continuada, e que o professor tenha uma nova visão sobre os saberes docentes necessários para ensinar FMC.

“Não... SNEF, não ... eu participei do simpósio que teve de Física...do Estado...”(P3).

“Eu uso bastante a Scientific American... ela tem uma parte que é aula por aula se não me engano... tem até aulas organizadas por professor...com artigo e a aula pontual... bem determinada... nos objetivos né ... uma parte da Scientific American... é bem boa...”(P3).

“É eu tenho a Galileu a super interessante [...] Impresso nenhum, ultimamente eu tenho usado muito o site da USP, que tem lá tipo um laboratório virtual que tem bastante simulações, né, computador tal eu acho interessante, e aquele agora da SBF o “Pion” esse eu tenho visto bastante, aí volta e meia é pego o caderno catarinense do ensino de Física” (P2).

“Deixa eu ver ... é o que aparece em geral ... mas os últimos que eu fui era mais sobre EJA...”(P4).

Quando questionado sobre cursos específicos em FMC, P4 “Não...”. Já o P2, afirma que

“Não... não... só na graduação mesmo né... a última vez que eu vi alguma coisa do gênero foi na graduação...”.

P5 quando foi convidada a falar livremente sobre o tema levantou as seguintes questões

“Talvez o que realmente precisaria mais... eu não sei de que maneira é uma... vamos dizer assim... um contato maior realmente com a gente... de pode ter acesso de informação com facilidade né... e sempre alguma coisa... não sei se tem possibilidade ou não ...de sempre estarem procurando mandar pra nós professores... via secretaria de educação... porque lá tem o pessoal da área de Física que eles poderiam estar fazendo isso... por que eles são... que só trabalhando lá.. que no caso poderiam estar sempre trazendo... ou mandando alguma coisa...ou a gente entra em contato com eles assim né... ou quando tiver alguma .. olha assim.. tem alguma coisa na área de Física.. procurem ...deixem pra que a gente tenha o acesso,... isso é uma coisa que iria ajudar e facilitaria pra nós.. o contato...”.

Complementa e coloca que a mantenedora deveria ter a responsabilidade de proporcionar recursos

“Pela SEED que talvez seria o mais viável pra nós né[...]E também .. acho que principalmente.. programas de qualificação que envolve... que trabalhassem mais essa área conosco... pode ter esse acesso com mais facilidade também...”(P5).

P2 também afirma que

“e uma coisa assim a nível de Estado mesmo né, nível de diretriz curricular né... coloca assim... meio que no princípio seria meio obrigatório, inserir na escolas... talvez no terceiro ano assim tal, ‘ver de cima’ mesmo ... porque se depender do professor dentro de sala de aula ele vai pro mais fácil que é manda o aluno ler um livro e escreve coisinha no quadro... né... não correr atrás...”.

A formação tanto inicial como continuada poderá tornar-se um diferencial quando trabalhamos didaticamente com os temas de FMC, portanto para os professores em formação os centros de formação de docentes em Física devem repensar os seus currículos e quanto à formação em serviço devemos ter formação específica em FMC, principalmente para o trabalho de transposição didática.

P5 narra que trabalha com pouca profundidade com os temas de FMC:

“Olha na verdade eu não tenho tido tempo pra entrar com grande profundidade na área de Física moderna e contemporânea, a sala de aula também exige da gente e pra isso acontecer, então precisaria de mais tempo disponível pra poder ir com mais profundidade no assunto... a gente tem algumas noções que a gente pega ou de livro ou de informação que a gente vai captando ou de colegas, ou até mesmo através da imprensa que sempre sai alguma coisa, né... dá umas pinceladas... e onde a gente procura aí depois fazer uma checagem né pra ver até que ponto... as vezes tem coisas novas que nem chega até nosso conhecimento”.

A dificuldade explicitada por P5 neste extrato mostra o que Resende Jr (2001) já coloca como um dos entraves à abordagem da FMC no Ensino Médio, que é a falta de materiais didáticos para o ensino de FMC. Entretanto, P5 ressalta também a questão do tempo didático, ou seja, a carga horária, pois temos escolas com 2 aulas em cada ano e em algumas escolas nem sempre em todos os anos do EM. Entretanto, apesar de todos os revezes, os professores procuram trabalhar com estes temas.

Como também trabalha como coordenador pedagógico de Física, P5 disponibiliza os artigos para os professores da rede, apesar de perceber que poucos os utilizam:

“[...] disponibilizo os artigos aos professores...a instituição disponibiliza os artigos aos professores. Na prática o que a gente percebe é que os professores não lêem esses artigos, pois quando a gente chama para uma discussão que dos 50 professores ao longo de um ano dois ou três leram algum artigo, questionaram, discutiram” (P1).

Para conteúdos que ainda não têm cultura escolar definida, a operacionalização muitas vezes é diferente daquela à qual normalmente estamos acostumados. Quando as aulas não têm a formatação de o professor passando

conteúdos, exercícios e provas, os alunos podem ter a impressão que não estão em aulas, provocando

“[...] o desinteresse é muito grande dos alunos... aí você começa a falar, .. tem até aluno que acha que você está matando o tempo...sabe.. é .. ele quer a questão do vestibular .. o que vai cair no vestibular ... qual o assunto, qual é a questão... e como que resolve... eles não estão interessados...” (P6).

P5 afirma que a pesquisa é fundamental para as práticas, porém mostra em sua fala, no extrato abaixo, que elas ainda assim, às vezes, não obtêm sucesso,

“Todas as minha experiências são em cima de pesquisas... não da pra fazer nada fora pra não dar errado né[...] E algumas ainda dão errado...”.

P2 se ressentido de pesquisas que envolvam a sala de aula:

“[...] que quando que faço pesquisa na internet assim... que eu sinto falta é exatamente é a parte de Física moderna aplicada o ensino médio... é uma coisa que assim... ninguém pensa nem no Brasil nem mundo... pensa em fazer essa aplicação de Física moderna em sala de aula.. .pra estudante de ensino médio...” .

Uma dificuldade é como avaliar os temas de FMC, um dos aspectos que envolvem a operacionalidade:

“[...] eu confesso que uma das dificuldades que a gente tem é como avaliar... porque tá... eu quero dar um enfoque histórico, um enfoque conceitual, mas quando você vê o que tem de exercício por aí... a maioria não é por aí... a maioria é conta, fazer uma continha e chegar numa resposta. Então essas coisas tem que ser criadas as vezes eu mesmo como professor tenho um pouquinho de dificuldade nisso”(P1).

O extrato demonstra uma preocupação com a cultura do Ensino de Física, onde o formalismo matemático era muito forte, e quando o professor muda, como o caso do professor 1, que usa um enfoque conceitual dos fenômenos, não usando tal formalismo, o como fazer questões em provas formais é uma questão predominante.

### **3ii) Avaliação**

Esta categoria foi dividida em duas subcategorias: a avaliação do processo de ensino-aprendizagem e a avaliação do encaminhamento metodológico. Na primeira, compreendemos quais instrumentos e como são utilizados para a avaliação. Na segunda, compreendemos a avaliação sobre a metodologia utilizada, ambos sob a ótica do professor.

## **Avaliação do aluno do processo ensino-aprendizagem de FMC**

A avaliação dos temas trabalhados com os alunos foi efetuada por P1 através de uma prova de forma conceitual :

“[...] cobrando algum tipo de avaliação e dando ênfase a parte conceitual e histórica”.

A forma proposta por ele foi através de questões tradicionais de verdadeiro ou falso

“[...] a gente acabou cobrando isso em uma prova onde tinha uma questão de múltipla escolha ou V ou F sobre alguns fatos, espaço, tempo e as novas concepções que o Einstein trouxe e o aluno marcava uma coisa assim...eu confesso que uma das dificuldades que a gente tem é como avaliar...porque tá...eu quero dar um enfoque histórico, um enfoque conceitual, mas quando você vê o que tem de exercício por aí... a maioria não é por aí...a maioria é conta, fazer uma continha e chegar numa resposta. Então essas coisas têm que ser criadas, às vezes eu mesmo, como professor, tenho um pouquinho de dificuldade nisso”(P1).

O mesmo professor solicitou um conteúdo em avaliação formal, pois a considera como conteúdo curricular:

“[...] a teoria da relatividade na primeira série é um conteúdo curricular cobrado nas avaliações visando uma abordagem histórica e curricular[...]”.

Entretanto, P1 não está satisfeito com a avaliação que ele desenvolveu,

“[...] é porque não gostei da prova de colocar como uma questão eu procuraria uma alternativa diferente sei lá...algum tipo de trabalho, algum tipo de pesquisa, produção do aluno, mas não sei o que dizer...”.

Portanto, a preocupação de P1 é buscar novas estratégias de avaliação. Uma estratégia de avaliação diferente foi a de relatório, proposta por P3.

“Foi feito o relatório de experiência [...] A gente .. eu senti bastante interessados... peço pra eles fazerem um relatório do material utilizado... o que foi que o professor explorou ... qual foi o assunto explorado... o conteúdo mencionado... o que foi que eles entenderam do conteúdo que foi explorado...com as palavras deles... pra eles escreverem... eu faço como se fosse uma provinha...uma avaliação valendo um ponto... e infelizmente pra eles tudo tem que valer muito ponto...”.

Outra forma de avaliação proposta por P2 foi avaliar subjetivamente a participação dos alunos no debate, o mesmo afirma

“Pela participação [...] Tinha assim, aquele que só ficou ouvindo assim, ele participou do debate, prestou atenção... só aquele que não quis prestar

atenção mesmo, que ficava conversando assim, depois eu tiver que passar um trabalho escrito pra ele, mas o restante só na participação mesmo, teve aqueles que queriam ... espera um pouquinho, deixa o outro perguntar..ele queria ta sempre ou perguntando ou respondendo”.

O professor 2 não usa apenas avaliação conceitual, mas também atitudinal. A dúvida de como avaliar um assunto que ainda está incipiente na cultura escolar de Física torna-se um problema a ser superado, conforme demonstra os extratos da fala de P4.

“Mas aí eu vejo que é um problema muito grande de fazer uma avaliação de alguma coisa assim...isso eu não sei como proceder né... se você da um conteúdo assim .. avalia o aluno eu acho complicado...”(P4).

“Não sei como encaixar isso no protocolo de avaliação...isso eu nunca cobro... nunca cobro nada de Física moderna em termos de avaliação...”(P4).

” É... eu gostaria.. .pelo menos uma “praticazinha” pra eles fazerem um relatório..coisa assim, que daí já entra uma avaliaçãozinha... que daí já formaliza um pouco... formaliza mais...” (P4).

“Enquadra Física moderna em algum tipo de padrão de avaliação... porque não da pra entrar muito na matemática né... raras coisas da Física moderna que tem uma coisa mais simples né... e isso já é um problema né...então seria uma coisa muito mais conceitual a principio... por isso que eu tenho vontade de achar algum tipo de experiência simples né... de se fazer... porque aí pelo menos teria algo pratico revelando o mundo quântico por exemplo...isso seria bacana...” (P4).

Uma das principais dificuldades do ensino é a avaliação. Quando a clientela é composta, então, pelo aluno trabalhador e do Ensino de Jovens e Adultos (EJA), como é o caso da P5, existem alguns elementos a mais.

“É .. como era ensino como noturno...não era [...]regular né...nos tínhamos tempo, tinha bastante tempo...a carga horário tudo ali...como momento avaliativo...certo assim...mas avaliativo, não foi avaliativo de grupo...foi desempenho individual...foi desempenho individual[...] Teve, teve até uma parte escrita[...].Os alunos tinham que montar um relatório[...] porque daí toda experiência...tem que ter um relatório...”(P5).

Entretanto, P5 solicitou a confecção de um relatório pois, em sua concepção de atividades práticas, necessita de um relatório, ou seja, usa a transposição de forma linear de outro nível de ensino, não respeitando as diferenças de faixa etária e nível de ensino.

## Avaliação da organização do trabalho pedagógico de FMC

Nesta subcategoria visamos analisar o que o professor diz sobre sua prática pedagógica, ou seja, como ele vê o sucesso de seu trabalho, quais os encaminhamentos que deram resultado, que são considerados positivos e quais necessitam ajustes ou novas estratégias.

P1 entende que a sua prática teve sucesso, porém quer discutir a transformação da ciência em tecnologia, e esta em um produto utilizado pela sociedade.

“[...] eu usaria novamente a simulação e daria ênfase aos frutos tecnológicos disso aí...como o efeito fotoelétrico hoje você compra... hoje eu abordaria da seguinte forma: hoje você compra uma célula fotoelétrica por vinte reais e Einstein ganhou o prêmio Nobel por isso... quer dizer desde 1905...1900 até 2010 quanta transformação nós tivemos na sociedade para transformar ciência em tecnologia... até a tecnologia virar um produto na sociedade, então eu abordaria esse eixo e algo que teria que repensar e não teria uma resposta pra te dizer seria avaliação ...como avaliar [...] é porque não gostei da prova de colocar como uma questão, eu procuraria uma alternativa diferente sei lá...algum tipo de trabalho, algum tipo de pesquisa, produção do aluno, mas não sei o que dizer...” (professor 1).

A avaliação do encaminhamento metodológico do docente é de suma importância: ela deve ser operacional, visto que isto define se o mesmo irá ou não trabalhar esta experiência didática novamente.

“Olha eu gostei bastante disso aí, então eu quero ver se para o próximo ano, principalmente com 3º ano, eu pego temas mais atuais para eles, que nem eu tava com a revista Galileu aqui, uma coisa muito simples ali que é o *grafeno* .. não sei se você já viu? [...] Aí eu quero ver se para o ano que vem eu pego as turmas de terceiro ano e faço a aula desse gênero, pego atualidades, coisa que está presente no dia-a-dia pra gente ver a Física que tá aplicada ali, daí provavelmente a gente volte como efeito fotoelétrico e provavelmente a gente vá além disso...” (professor 2).

No extrato acima, vemos que o professor ficou satisfeito com o encaminhamento proposto e resulta na vontade de aplicar novamente e ampliar os temas tratados com seus alunos.

Muitas vezes, embora o encaminhamento metodológico, os materiais didáticos e avaliação, apresentem a operacionalidade, a criatividade didática não permite o que Chevalard (1991) chama de terapêutica didática, que define se essa experiência irá tornar-se prática perene.

“Todas as minha experiências são em cima de pesquisas .. não da pra fazer nada fora pra não da errado né...” (professora 3)”.

O uso de recursos tecnológicos incorporados a sua ação pedagógica depende de uma reflexão crítica do docente, dependendo do conteúdo a ser ministrado. Por exemplo, uma simulação deve ser utilizada quando o experimento não pode ser realizado por dificuldades técnicas, falta de equipamentos ou risco de perigo no manuseio (PARANÁ, 2008).

Os instrumentos de avaliação a serem utilizados em uma atividade experimental, devem consistir em relatórios individuais, com questões abertas, visando que os alunos possam refletir sobre o fenômeno discutido nas questões (PARANÁ, 2008).

Os documentos oficiais nacionais PCN, PCN+ e orientações propõem explicitamente os temas de FMC, enquanto as DCE do Estado do Paraná propõem a organização da Física em três eixos estruturantes, sendo que a FMC deve estar contida nos três eixos.

A estruturação do processo que é conduzido em sala de aula é de vital importância, pois nos permite compreender a operacionalidade didática. Todos os professores entrevistados mostraram alguma operacionalidade.

“[...] somente assim poderemos adquirir uma melhor compreensão dos mecanismos utilizados por professores e alunos na construção de conhecimentos relativos a temas de FMC” (OSTERMANN e MOREIRA, 2009, p.414).

Entretanto destaco os professores P1 e P2 neste processo de investigação da sala de aula, os quais mostram indícios mais fortes de criatividade didática no uso de recursos que utilizam, e a operacionalidade de suas práticas é evidente, já a terapêutica ocorre nos seus PTD e nas suas práticas cotidianas.

## Capítulo 6 Práticas docentes e análise da entrevista

Neste capítulo iremos fazer o último afunilamento da pesquisa, percebendo a terapêutica didática, os indícios de criatividade didática e a operacionalidade, aspectos que foram percebidos nas entrevistas iniciais, sendo mais significativos nos professores P1 E P2. Entretanto, foi escolhido o P2 por se tratar de um professor da rede pública de ensino, o que para nós torna-se mais significativo.

As práticas docentes do P2 foram gravadas em vídeo digital, com duas câmeras (uma fixa e outra móvel operada pelo pesquisador). A primeira prática docente foi a que o professor denominou de **Efeito Fotoelétrico**, que teve duas aulas; e a segunda denominada pelo mesmo como **Bomba Nuclear**, que teve a duração de cinco aulas. A primeira prática foi aplicada no terceiro ano do EM e a segunda, no segundo ano do EM, ambas as turmas do mesmo colégio público dão setor centro do NRE de Curitiba, no turno da tarde.

Durante as gravações, o pesquisador efetuou também observações do tipo “observador total” e fez anotações dessas observações logo após as mesmas, as quais também farão parte da análise dos dados.

Após a gravação de todas as aulas, foi efetuada uma segunda entrevista com o P2. Esta tinha objetivo observar como o mesmo analisa sua prática neste ano em relação aos anos anteriores, bem como se haveria pontos que gostaria de mudar para as próximas aplicações.

### 6.1 Descrição das práticas docentes

Durante as entrevistas, verificamos que seria possível assistirmos às aulas do P1 e do P2, entretanto optamos por assistir e gravar em vídeo as aulas do P2, pois julgamos que, por se tratar de uma escola pública, estaria mais próxima da realidade da maioria das escolas do Estado do Paraná.



### 6.1.1 Prática docente 1: O Efeito Fotoelétrico

A prática pedagógica com o tema essencial “Efeito Fotoelétrico” foi realizada em uma turma do terceiro ano do turno da tarde, em um colégio público de Curitiba, do setor centro do NRE de Curitiba. Ela foi dividida em duas aulas: na primeira, com o uso de um simulador e, na segunda, foi utilizado um kit de robótica.

As aulas foram feitas de forma **demonstrativa interativa**, ou seja, o professor como condutor do processo com a interação por meio de questionamentos dos alunos e do professor para com os mesmos.

Prática	Aula	Materiais	Conteúdo
Efeito Fotoelétrico	1	Simulador Notebook Projetor multimídia	Efeito Fotoelétrico
	2	Kit robótica Controle remoto Câmara de vídeo Notebook Projetor multimídia	
Bomba Nuclear	1	Notebook	Fissão nuclear
	2	Levantamento feito pelos alunos na internet	
	3		
	4		
	5		

**Quadro 15: estrutura das práticas docentes e materiais utilizados**

Fonte: o autor

#### Aula 1

Na primeira aula o professor utilizou um aplicativo em multimídia<sup>12</sup>, que simula o efeito fotoelétrico (disponível em [www.portaldoprofessor.mec.gov.br](http://www.portaldoprofessor.mec.gov.br)) e permite controlar o comprimento de onda e a intensidade da luz que incide em certa amostra, com o intuito de demonstrar o efeito fotoelétrico. O autor do recurso é

<sup>12</sup> A multimídia compreende a integração de diferentes modalidades de mídia (textos, gráficos, imagens, desenhos animados, filmes, sons e música) utilizados em computador.

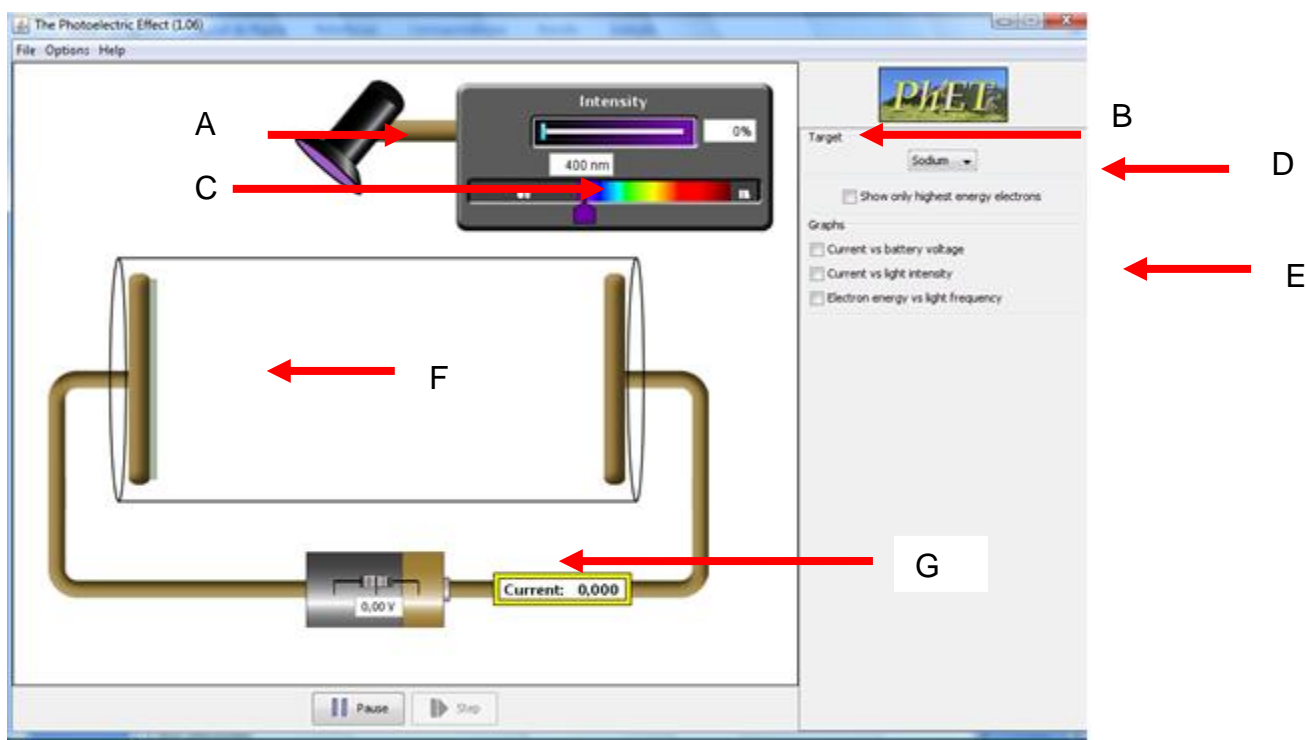
*Physics Education Tecnology Project (PhET)*, apresentado em inglês.

O simulador apresenta, através de gráficos, a energia cinética dos elétrons, que saem do material. Essa energia está relacionada com a frequência da onda incidente e o número de elétrons (corrente elétrica) está associado à intensidade da onda.

Fizemos a opção por uma não transcrição literal das aulas, mas sim alguns extratos destacados pelo pesquisador, com auxílio das gravações das câmeras de vídeo.

Também por não podermos classificar a aula como expositiva ou demonstrativa, desenvolvemos um novo conceito de **demonstrativa interativa**, já que, apesar de apenas o professor manipular o aplicativo, ele, enquanto o manipulava, fazia questionamentos diretivos aos alunos e estes também faziam questionamentos que apontavam novos direcionamentos para o simulador.

Portanto, em alguns momentos, foi feita a transcrição literal do que ocorreu na aula, com as perguntas e respostas do professor e dos alunos. Neste momento foram utilizadas as gravações feitas durante as aulas. Não houve a preocupação de qual aluno fez a pergunta, pois julgamos que o teor do questionamento era o fator decisivo e não o indivíduo em particular.



**Figura 3: tela do simulador de Efeito Fotoelétrico**

Fonte: o autor

Foi utilizado, para a demonstração interativa pelo professor, um netbook instalado com o referido simulador, o qual encontrava-se conectado a um projetor de imagens. O P2 disse à turma que pretendia levá-los laboratório, onde há uma tela de projeção, já que a sala não tem preparação para projeção. No entanto, as imagens foram projetadas na parede acima do quadro, porém ficaram com boa qualidade de visualização.

Quando a projeção da figura estava sobre o quadro, P2 inicia com a pergunta “O que é o experimento? O que é o experimento que vocês pesquisaram?”. A turma estava em uma fase ainda pouco participativa, portanto não houve muita nesse momento. Nesse momento, o professor começa a estratégia de explicar como funciona o simulador, perguntando: “estão vendo a caixinha lá em cima? O que é a caixinha lá em cima em que está escrito *intensity*?” (indicado na figura por A). E uma aluna responde: “a luz”, o P2 responde: “é a luz”. E o mesmo continua: “estão vendo ali embaixo, onde está escrito 400 nm?...O que é nanômetro?” (indicado na figura por C). A aluna responde: “milímetros metro!” e o professor corrige a informação: “é *n* e não *m* é nano...nanômetros dez a menos nove metros”.

Logo após, o professor encaminha a pergunta: “que medida é aquela ali?...frequência ou comprimento de onda?”, e alguns alunos respondem baixinho: “frequência”, o professor esclarece: “frequência é medida em hertz, então eles (os arquitetos do simulador) fizeram ali, que você escolhe a cor da luz pelo comprimento de onda...o que significa o UV que está escrito lá? (indicado na figura por C) e continua: “em baixo do 400nm tem um monte de cores, que eu já mostrei essas cores para vocês, lembram?... O espectro eletromagnético e falei que além das cores têm cores que nosso olho não vê...que está escrito UV”. E um aluno completa: “Ultra-violeta” e o professor aponta a extremidade IR, *infra red*, infravermelho, certo...então se eu ligar a lâmpada ali, eu posso escolher a intensidade (destacada na figura... como B, nota do pesquisador ) e daí de acordo com a intensidade também a cor da luz, e ver o que acontece”.

O professor continua “E aqui embaixo o que a gente tem?”, o mesmo não espera nenhuma resposta e direciona “Imagine que um tubo de vidro, não tem nada dentro desse tubo de vidro, não tem nem ar. Eles conseguiram tirar todo ar ali de dentro e colocaram uma plaquinha. Lá no lado direito (na figura marcada como F, nota do pesquisador), estão vendo onde está escrito *target*? E uma aluna pergunta: “Aonde?” e o professor responde: “Está vendo do lado direito, onde está escrito

*target? Target sodium* . Isso quer dizer que aquela plaquinha é feita de sódio. Então a gente vai escolher algumas luzes para chegar nessa plaquinha, o que vocês acham que vai acontecer?"; novamente sem dar tempo a respostas, o professor continua, "O que vocês leram que vocês responderam na prova? Mais ou menos responderam na prova ....vai tirar elétrons da placa, daí eu perguntei: sempre tira elétrons da placa?" e um aluno responde enfaticamente: "não!". E o professor continua : "então é isso que eu quero mostrar para vocês!". O mesmo continua "Então, o que tem mais frequência o infravermelho o ultravioleta?" neste momento aparecem as dúvidas, respostas desencontradas.

Neste momento, o professor reforça a pergunta: "qual tem maior frequência: o infravermelho ou o ultravioleta?" e um aluno responde veementemente: "o ultra!". O professor continua: "no ultravioleta a frequência é maior, em compensação quem tem mais energia?" e um aluno responde: "o infra" e o professor corrige: "o ultravioleta também tem maior energia" e diz a fórmula:  $E=h.f$ . Quanto maior a frequência, maior a energia...então eu vou puxar tudo para o infravermelho, 850 nm, vou colocar em 50%, vocês estão vendo?". Alguns concordam e o professor continua: " mas na prática a gente veria essa luz?" e alguns alunos respondem: "não".

O professor destaca outra parte do simulador, marcado na figura como G, esclarecendo: "Estão vendo aqui em baixo que tem volt, volt significa que tem uma fonte de energia externa, e não vou mexer nessa pilha aí, vou deixar em zero". E pergunta: "na última aula eu falei sobre corrente elétrica, não só falei sobre carga elétrica... pedi para vocês pesquisarem sobre corrente elétrica?" alguns murmúrios e o professor complementa: "então anotem aí, pesquisar sobre corrente elétrica e potencial elétrico" e continua..."está saindo alguma coisa da plaquinha de sódio?" e alguns alunos respondem: "não" e o professor rebate: "porque não?" Quase inaudível uma aluna responde: "não tem energia suficiente". O professor então continua: "eu tenho que aumentar a intensidade da luz ou a frequência para conseguir arrancar elétrons?" Inicia-se uma discussão entre o professor e alunos, sobre se seria a intensidade ou a frequência, ou os dois. Então o professor propõe, para suprir a dúvida: "qual que vocês preferem que eu mude primeiro?" O professor aumenta a intensidade e pergunta: "o que aconteceu?" e os alunos, observando, respondem: " nada". Nesse momento, um aluno que estava desatento pergunta o que é a placa e o professor esclarece que é a placa de sódio. O professor retorna a

intensidade em 50%, muda para a cor vermelha e pergunta: “arranca elétrons?” e alguns alunos respondem: “não...” e o professor complementa: “aumentei suficientemente a energia? Vocês entendem que quando estou falando de frequência e energia da onda, estou me referindo à mesma coisa?” Então uma aluna propõe que seja usada a luz amarela. O professor muda e uma aluna pergunta: “o que nós vamos ver ali?” e o professor responde: “os elétrons” e como não arrancou ainda elétrons da placa, o professor propõe incidir a luz verde, então observa-se o início do movimento dos elétrons. Os alunos ficam claramente mais interessados e o professor pergunta: “o que são aquelas bolinhas ali” e a maioria dos alunos responde: “os elétrons!”. O professor destaca que, no ponto anotado na figura em G “o que aconteceu aqui (usando o cursor da tela para destaque)? Os elétrons começaram a se mover e o que aconteceu?” e alguns alunos respondem: “aumentou”, então o professor aproveita a oportunidade e destaca que o movimento dos elétrons está associado a corrente elétrica.

Nesse momento, o professor começa a destacar as possibilidades do simulador, perguntando: “e se eu aumentar a intensidade o que vai acontecer?” e já complementa rapidamente: “podem acontecer duas coisas: ou aumentar a quantidade de elétrons ou aumentar a energia dos elétrons”.

O professor varia a intensidade e mostra aos alunos que, aumentando a intensidade, aumenta a quantidade de ondas, lembrando aos alunos da partícula da luz, os fótons, sobre os quais já havia pedido levantamentos e discutido em sala de aula. Ele procurou destacar que, quando a gente está aumentando a intensidade, está aumentando a quantidade de fótons, mantendo cada um com a mesma energia. O professor varia a intensidade para comprovar o que ele afirmou e os alunos mostram-se bem interessados.

Então, o professor propõe aumentar a frequência da luz. Uma aluna diz: “vai mais rápido!” e o professor pergunta: “por que vai mais rápido?” e a mesma aluna responde: “porque aumentou a frequência!”. Então o professor reforça que, quando aumenta a frequência, aumenta a energia de cada elétron.

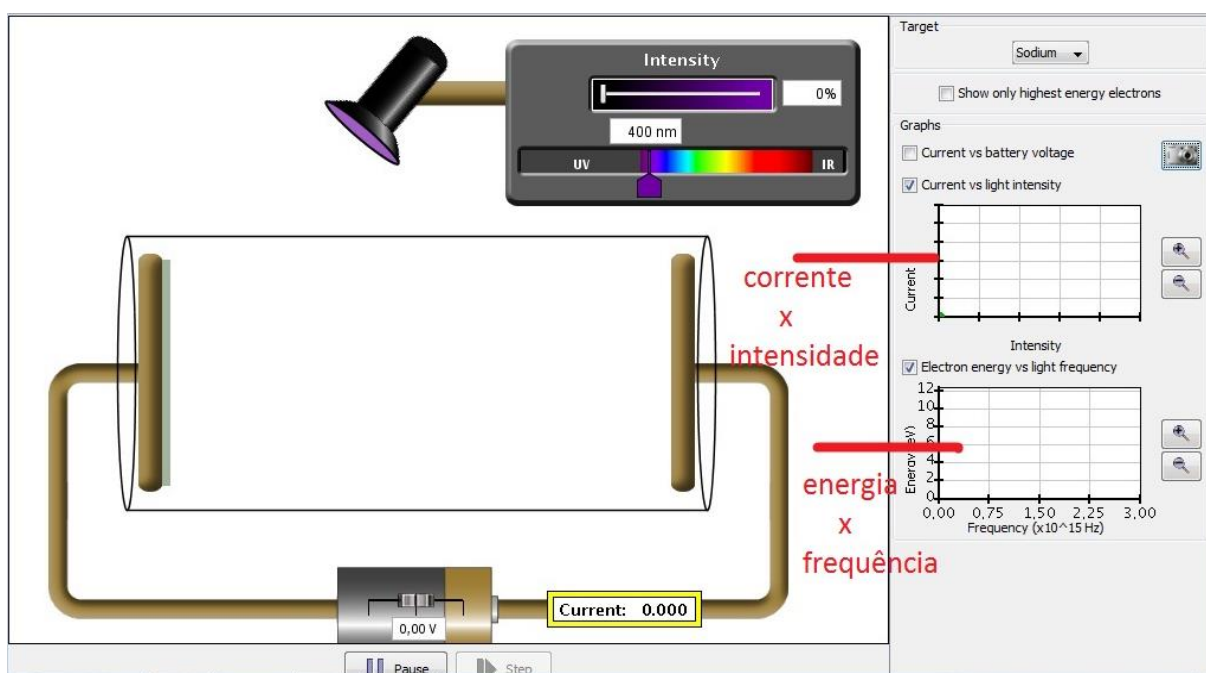
Neste momento um aluno, que estava bem disperso, brincando com o caderno durante a aula, apresenta questionamentos extremamente interessantes, os quais o professor utiliza como revisão do que já havia falado.

O professor utiliza a variação de frequência e intensidade já utilizados e, após, vai ao quadro, onde anota a seguinte equação  $E_c = h \cdot f - \phi$  com objetivo de

discutir a energia cinética dos elétrons. Destaca cada um dos elementos da equação e discute que  $h \cdot f$  menos a energia de corte vai corresponder à energia de cada elétron que foi arrancado, discutindo então a relação da frequência com a velocidade dos elétrons.

Neste momento, o professor sugere usar novas frequências, variando também a intensidade, mostrando que a menor frequência ocorreu quando se usou o sódio, na cor verde, e em seguida começa a trocar os materiais. Usando o zinco afirma que, aumentando a intensidade, não vai adiantar para arrancar os elétrons, sendo necessário mudar a frequência (comprimento de onda), verificando que somente o ultravioleta consegue o arracamento dos elétrons. Propõe então mudar para o cobre fazendo as mesmas análises.

Na sequência, destaca outro ponto marcado na figura como E, que mostra os gráficos que o simulador apresenta: corrente versus intensidade da luz e energia do elétron versus frequência da luz.



**Figura 4: Gráficos corrente x intensidade e energia x frequência**

Fonte: o autor

Para demonstrar a formação dos gráficos, mudou a intensidade e a frequência, destacando a formação do gráfico. Mudou para o cálcio. A todo momento, perguntava se haviam compreendido, mas a participação ainda era muito fraca.

Em seguida, começa a fazer uma revisão dos conceitos tais como: “qual a relação entre comprimento de onda e frequência?”, “qual a relação entre frequência,

cor da luz e quantidade de elétrons que são arrancados?”. Como ainda havia pouca participação dos alunos, o professor foi reforçando os tópicos perguntados e pedindo que, para responder à segunda pergunta, eles novamente obsevassem o simulador. Esse encaminhamento fez com que houvesse uma melhora na participação entre os alunos.

Nesse momento, ele mantém a frequência e intensidade, variando apenas cada um dos elementos que o simulador permite (sódio, zinco, cobre, platina e cálcio).

O professor procura associar, utilizando a simulação (na figura em G), à quantidade e à velocidade dos elétrons com a corrente elétrica, utilizando tanto o simulador quanto o quadro, fazendo variar a intensidade e o comprimento de onda, associando carga elétrica com o tempo, buscando a conceituação de corrente elétrica. Neste momento, ele altera a corrente na figura em G (ligando a pilha) alterando o valor anterior que estava em zero, dando energia aos elétrons de uma fonte externa.

Volta a lembrar o conceito de *quantum* que havia comentado em aulas anteriores, destacando que a mesma é uma grandeza discreta, e lembra o valor elementar da carga elétrica.

Nesse momento, fica clara a intenção do professor de utilizar essa prática como gancho para continuar o trabalho de eletrodinâmica, conceituando a corrente elétrica e carga elétrica de forma tradicional. Ele mostrou que, para a construção do simulador, o programador tinha que saber de todos os conceitos para formar o simulador.

## **Aula 2**

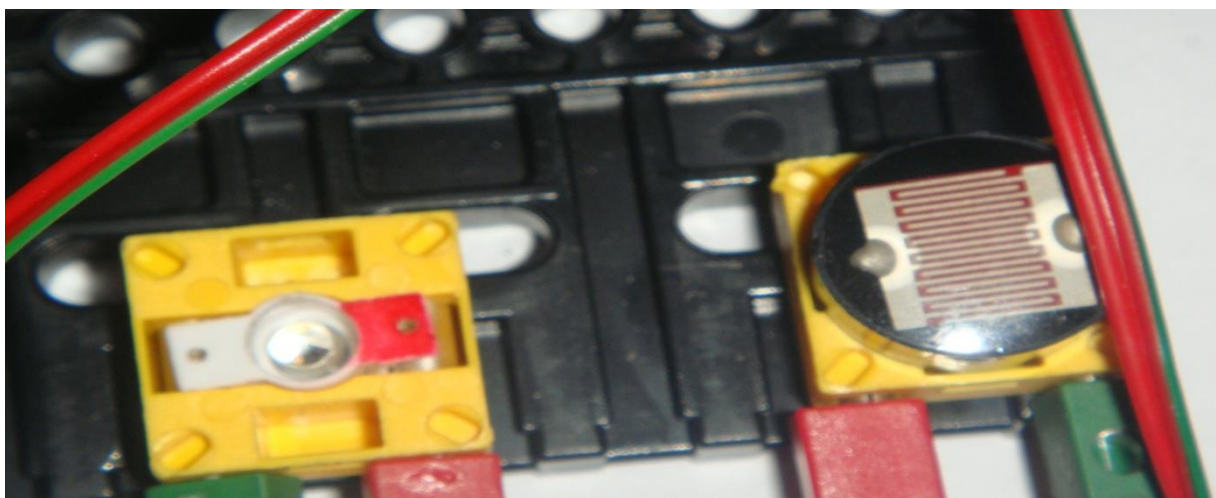
Na segunda aula, o professor utilizou o netbook, um projetor, uma câmara (ele propôs, já que estávamos gravando a aula, que a imagem fosse utilizada para que os alunos tivessem condição de melhor visualização) e um conjunto de robótica.

A aula foi demonstrativa interativa e o professor, utilizando parte de um kit de robótica, fez uma prática onde explorou, através de um fotossensor (foto 1), diferentes frequências (usava um filtro para mudar o comprimento de onda), o fotossensor transmitia ao programa do próprio kit onde o professor montou um circuito e, através de um dispositivo gráfico, mostrava a variação da intensidade do

efeito.

Inicialmente, o professor mostrou como foi a parte gráfica que iria ver a variação, usando inicialmente a luz branca onde o ponteiro passava da metade da medida do marcador. Aproveitou para revisar o que era o significado físico da cor branca, ou seja, a absorção e reflexão das frequências das ondas.

Em uma segunda etapa, ele trocou um filtro vermelho, com uma medida bem menor que a anterior, por um filtro azul (esclareceu que a vermelha é a de mais baixa frequência), perguntando se era esperado “mais” ou “menos”, e observaram que deu menos ainda. Então o professor esclareceu que não estávamos, nesta prática, medindo a corrente elétrica, como foi visto na simulação da primeira aula, mas sim estamos medindo a resistência elétrica. Quando não há incidência sobre o sensor temos a resistência máxima, então quanto mais luz tivermos ali, maior será a variação que teremos na resistência. Afirmou que, na luz branca, depois na luz vermelha e, por último, a azul, o marcador foi decrescendo, não significando que teremos menos corrente elétrica.



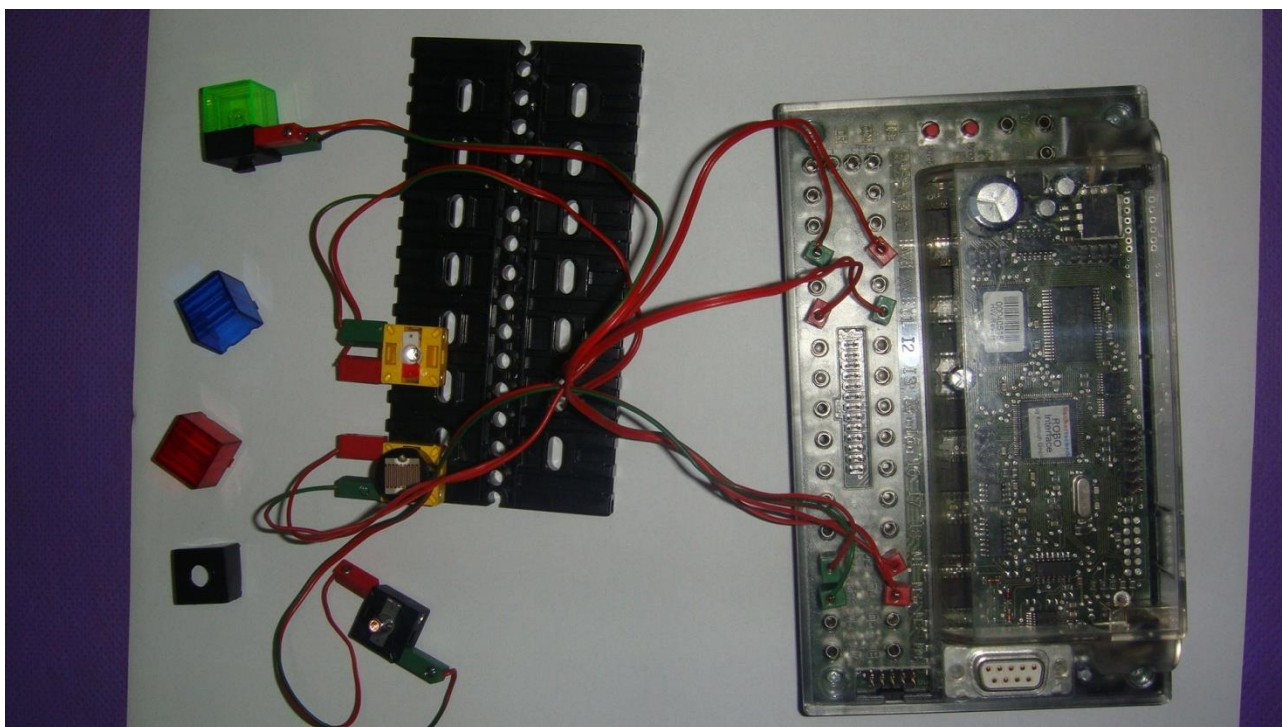
**Foto 1: sensor fotoelétrico**

Fonte: o autor

Neste momento, utilizou um filtro verde (foto 2), apresenta no marcador mais o que apresentou com o filtro vermelho, esclareceu o momento em que colocou a intensidade máxima da luz, e questionou: “o que aconteceria se eu diminuísse a intensidade da luz?” não obteve resposta, porém retomou o que havia ocorrido na primeira aula e, então, os alunos começaram a participar. Os alunos afirmaram que, quando muda a intensidade, muda a corrente elétrica. O professor retoma a pergunta, e os alunos afirmam que ocorrerão coisas diferentes. O professor retoma o instrumental para ver, juntamente com os alunos, o que ocorrerá. Na montagem,



há a opção “brilho”, que apresenta valor de um a oito, estando em oito nas demonstrações anteriores, então ele muda para o valor quatro.



**Foto 2: filtros vermelho, azul e verde acoplado a luz branca e o kit de robótica**

Fonte: o autor

Antes de colocar a luz no sensor, mostra aos alunos e pergunta se eles conseguem perceber diferença no brilho. Alguns concordam que conseguem perceber a mudança, e observaram, comparando com as observações anteriores, que a luz branca que antes marcava metade do medidor, não atinge o mesmo ponto: perceberam que, neste caso, esta se aproxima da verde na observação anterior.

O professor se utiliza muito da estratégia de “pesquisa” de termos e conceitos pelos alunos. Este levantamento de informações é utilizado durante as aulas e é importante ressaltar que o mesmo pede que esses levantamentos sejam feitos na internet, em sítios confiáveis (dando como exemplo que a wikipédia não é confiável).

O professor esclarece que o kit não vem com uma luz infravermelha, mas utilizando o controle remoto da televisão pen drive, aponta para os alunos e pergunta se os mesmos veem alguma coisa, os quais dizem que não. Repete então o processo apontando para a câmera, onde é percebido pelos alunos um ponto, e aproveita para falar das câmaras digitais, que utilizam o efeito fotoelétrico.

Ele utiliza esse controle sobre o sensor e percebe-se que o marcador não muda. E depois mostra outro sensor, que detecta a luz ou não, usando esse sensor para que ele consiga captar o infravermelho. Durante a aula, o professor utilizou

vários exemplos onde poderia ser aplicado o efeito fotoelétrico. Como exemplo, citou as torneiras que abrem o fluxo de água nos *shoppings centers*.



**Foto 3: controle remoto da televisão pendivre**

Fonte: o autor

Nesse momento, o professor faz o resgate dos conceitos trabalhados nas duas aulas: carga elétrica, corrente elétrica, efeito fotoelétrico, *quantum*, frequência, comprimento de onda, luz, energia cinética, energia de corte, portadores de cargas elétricas, potencial elétrico e resistência elétrica.

O professor esclareceu, durante a entrevista, que os conceitos relacionados com o Efeito Fotoelétrico, diferentemente do que fez outros anos “...este ano eu comecei bem no comecinho junto com ondulatória para associar...tentar um gancho entre ondulatória e a eletrodinâmica” (P2).

A forma que encaminhou foi “mandar eles pesquisarem com antecedência como neste ano...” diferentemente do que fazia nos anos anteriores, onde ele passava todos os conceitos em apenas uma aula expositiva. Com essa mudança o P2 afirmou que “...eu achei que o aproveitamento da teoria do efeito foi melhor neste ano”.

Neste ponto, informou como serão avaliados: por meio da pesquisa, da participação e do relatório a ser entregue na próxima aula. Esclareceu o que deve conter o relatório, que deve descrever primeiro o que ocorreu durante as aulas e, na segunda parte deste relatório, descrever os conceitos estudados. Na terceira parte, deverão apresentar uma conclusão sobre os experimentos. Destacou que deixará o conteúdo disponível no site do professor, para que os mesmos possam manipular a

prática da primeira aula, e que também há uma lista de exercícios que está disponível no Xerox. A última parte terá questões nas provas.

Neste trabalho, não serão analisadas as avaliações formais, pois, não faz parte do nosso objetivo de pesquisa analisar a aprendizagem dos alunos. O questionamento sobre os tipos de questão de provas e de atividades avaliativas foi feito para que fossem analisados um dos critérios de análise das práticas de FMC, a operacionalidade.

### **6.1.2 Prática docente 2: A Bomba Nuclear**

Foi utilizado pelo P2 um artigo “Uma experiência com o projeto Manhattan no Ensino Fundamental” de Samagaia e Peduzzi (2004)

“...quando eu fiz um curso de extensão ..., ela `professora` passou um artigo que era exatamente sobre isso, só que aplicando na oitava série, o modelo era bem fechadinho nesse que foi aplicado na oitava série, mas como o conteúdo encaixa no segundo ano eu resolvi tentar o mesmo modelo”.

O mesmo fez algumas simplificações e adaptações, levando em conta suas características próprias e as condições de trabalho, como o tempo que dispunha para trabalhar a prática.

#### **Aula 1**

A primeira aula iniciou-se através de uma proposta para que os alunos assumissem que não estávamos mais em 2011, mas sim em 1939. Destacou que os recursos tecnológicos que possuímos hoje não existiam, e se existiam eram bem diferentes, exemplificou o caso do telefone.

A partir deste momento, ele comunica que o nosso país, que não é o Brasil (sim um país hipotético) está em guerra contra um outro país, havendo a necessidade de produção de artefatos bélicos. Levanta, em discussão, que é necessário desenvolvermos uma tecnologia bélica que seja possível; neste ínterim, desenvolve uma pergunta aos alunos sobre quais energias eles conheciam. Foram citados pelos alunos energia: eólica, térmica, nuclear, química, biológica e solar.

O professor então inicia a discussão: qual destas energias poderia dar vantagens bélicas, ou seja, produziria efeito no local, de forma que nosso país não sofresse efeitos da arma feita a partir do uso dessa energia.

A cada energia, discutiu-se sua eficácia e também seus possíveis efeitos. Restou a energia nuclear como a mais eficiente sobre os aspectos de atingir um local e que nosso país não sofresse danos.

Houve neste instante alguns “ruídos”, que demonstravam discordância. O professor identifica os que não concordam com a utilização deste tipo de energia e separa este grupo. Levanta a questão de quem é a favor do uso da Energia Nuclear, onde há muitos mais. O professor “escolhe” o segundo grupo com sete elementos. Logo após, pergunta quem não é a favor e nem contra e forma um terceiro grupo, ficando o restante da turma para um quarto grupo.

Destaca, então, que os quatro grupos vão representar: os a favor do uso da energia nuclear, os contra o uso da energia nuclear, o grupo de jornalistas e o quarto grupo será a comissão que tomará a decisão do uso ou não desta energia. Neste momento, o mesmo explica qual a função de cada grupo: o primeiro deverá reunir argumentos para convencer sobre o uso da energia nuclear para o desenvolvimento de uma nova arma; o segundo grupo deverá fazer o oposto, reunir argumentos que comprovem que o uso não é apropriado. O terceiro grupo, “os jornalistas”, é destacado pelo professor que terão um papel preponderante no processo, o qual deve reunir dados para questionar tanto o grupo contra quanto o grupo a favor, porém sem tomar partido de um ou de outro lado. Já o quarto grupo será o grupo responsável pela tomada de decisão sobre a utilização da energia nuclear para o desenvolvimento de armamentos.

O professor, então, solicita que os grupos se reúnam em posições estratégicas da sala para que definam seus rumos de “pesquisa”, que eles devem fazer os levantamentos fora do horário de aula e que serão disponibilizadas duas aulas para preparo da defesa de cada grupo. Esse tempo deve ser utilizado para discutir e organizar suas defesas. Deixa livre o tempo para que os grupos desenvolvam suas estratégias, cada grupo solicita a colaboração do professor de como devem se organizar.

A participação dos alunos foi excelente, ficaram muito motivados para esta prática, porém mostraram muitas dificuldades quanto à organização dos grupos. O destaque positivo de organização foi do grupo de cidadãos, que mais questionou o

professor de como eles deveriam proceder, o qual orientou que eles não deveriam apenas aguardar os argumentos a favor ou contra, que eles também deveriam ter dados próprios.

### **Aulas 2 e 3**

Na segunda aula, era esperado que todos os grupos trouxessem materiais que fizeram de levantamento, entretanto apenas o grupo dos “jornalistas” e dos “cidadãos” trouxeram materiais. O grupo que deveria se apresentar a favor ficou conversando sobre assuntos não pertinentes à prática, e em determinado momento o professor (que circulava em cada grupo perguntando e orientando) informou que eles deveriam se organizar. O mesmo destaca que, se não apresentarem argumentos fundamentados, o grupo contra irá dominar o debate final. O grupo contra o uso da energia nuclear optou pela ideia da líder natural do grupo que disse: “é só nós invertermos tudo que eles falarem”. Entretanto, novamente o professor, sem ter ouvido esta afirmação, destaca a necessidade de ter argumentos fundamentados.

O grupo de jornalistas discute fazer um levantamento de opinião sobre o uso da energia nuclear e começa a ouvir tanto o grupo a favor quanto o contra, porém sem muito sucesso, já que estes dois grupos estão apáticos nesta aula. O grupo que mais material trouxe foi o de “cidadãos”, os quais trouxeram materiais na forma digital e pediram para usar o netbook do professor, onde foram vendo e discutindo sobre o levantamento feito.

**Observação:** nesta aula houve a presença de dois estagiários da UFPR, os quais participaram com a função do professor regente da turma na orientação das equipes.

A terceira aula destinada para preparação das equipes foi muito parecida com a outra aula, somente a equipe contrária à utilização da energia nuclear começa a se recuperar graças à liderança de uma aluna e mais dois membros, que trazem material para o grupo discutir. O grupo a favor continua sem atitude, e o professor alerta que eles precisam se organizar.

No final da aula o professor destaca que, na próxima aula, o grupo a favor e o grupo contra deverão apresentar suas defesas e que irá reservar o notebook e o

projektor da escola para a apresentação. Ainda convida o grupo de jornalistas, se quiserem, já fazerem uma breve apresentação.

#### **Aula 4**

Na quarta aula, o grupo a favor foi escolhido pelo professor para iniciar a apresentação. Esta equipe estava bastante desmotivada, não preparou materiais, fazendo a leitura de pequenas anotações muito superficiais. O professor abriu para que o grupos contra, dos jornalistas e do grupo que iria decidir, fizessem questionamentos.

As respostas se basearam muito em suposições, sem embasamento técnico, apenas dois membros participaram ativamente da respostas aos grupos.

O grupo contra também não teve uma apresentação com muitos argumentos, mas se fixaram na argumentação da contaminação radioativa e dos altos custos que poderia ocasionar em um país já convulsionado pela guerra. A participação dos membros da equipe foi mais homogêneo.

#### **Aula 5**

A quinta aula foi reservada ao grupo dos jornalistas, para que apresentassem seus argumentos, que estavam claramente tendenciosos à não construção da bomba nuclear.

Abriu-se então o debate, sem uma organização especial da sala de aula. O professor apenas intervinha para organizar as perguntas e respostas. Este processo durou cerca de vinte e cinco minutos, então sobrou pouco tempo para a discussão entre os membros que tomariam as decisões. Os mesmo saíram ao corredor, acompanhados pelo pesquisador, que percebeu que eles claramente não discutiram profundamente os argumentos prós e contras, mas destacaram a questão custo e a contaminação nuclear.

Voltaram à sala e comunicaram a decisão à turma, o que não causou grande repercussão uma vez que os alunos, pelo andamento das discussões, pareciam esperar esta decisão de não construção da bomba nuclear.

O professor terminou a aula destacando a pouca participação da turma e que esperava um trabalho melhor. Lembrou que na próxima aula eles deveriam entregar um relatório sobre o que eles observaram nas cinco aulas e que comporia a nota deles.

## **6.2 Análise da segunda entrevista com o professor P2**

Com o término das duas práticas pedagógicas, combinamos com o professor uma nova entrevista para sanarmos algumas dúvidas e percebermos como o professor avaliou as práticas e, principalmente, se poderíamos identificar indícios da criatividade didática, da operacionalidade e a da terapêutica didática das mesmas.

Foram duas práticas acompanhadas com P2 e, para organizar a análise, utilizaremos três eixos: (i) quanto à organização da prática docente; (ii) quanto à operacionalidade; e (iii) quanto à terapêutica didática.

### **6.2.1 Organização da prática docente**

Durante a organização das práticas docente nos interessava, neste primeiro eixo, saber o que houve de mudança em relação aos anos anteriores em relação ao tempo do ano letivo, ou seja, se foi aplicado no mesmo momento e se estas práticas já faziam parte tanto do PTD como do Projeto Político Pedagógico do colégio, além das dificuldades inerentes ao processo pedagógico.

Utilizando uma análise das duas práticas pedagógicas feitas por P2, o mesmo relata que, no caso da prática da Bomba Nuclear, ele manteve a mesma abordagem aplicada em anos anteriores e no mesmo período do ano letivo.

“manteve a mesma coisa”.

“sim. Eu dava o conceito inicial de calor, temperatura, falava bastante de energia e nesse ano ainda ocorreu o fato interessante que motivou mais ainda que foi o terremoto do Japão<sup>13</sup> né...eles pelo menos alguns alunos ali

---

<sup>13</sup> O terremoto ocorreu em 11 de março e a prática da Bomba Nuclear iniciou em 17 de maio de 2011.

da tarde eles ficaram interessados por conta daquele fato. Mas sempre assim um pouquinho antes da termodinâmica. Na verdade eu acabo fazendo um gancho para estudar a termodinâmica de um jeito um pouquinho diferente, quando você fala em máquina térmica tal, eles não prestam atenção, mas quando você fala de uma explosão opa...chama mais atenção, daí eles até perguntam se você vai ensinar a construir bomba”.

A respeito dessa prática, foi perguntado ao professor se ele pensava em alguma alteração para o próximo ano, ao que ele responde:

“No caso do segundo ano eu estou meio em dúvida se eu volto a aplicar o mesmo modelo na forma de debate, de apresentação sobre guerra nuclear ou se mudo alguma coisa, ainda estou meio em dúvida. Talvez eu aproveite a discussão que teve bastante que tem usina nuclear sobre a permanência dessas usinas ou não; talvez eu mude para algo do gênero sobre vale a pena usar energia nuclear ou não”.

P2 demonstra que cria estratégias e materiais didáticos que atendam a sua realidade escolar, na prática da ‘Bomba Nuclear’ para que seja condizente com o conhecimento científico e também com o cotidiano do aluno e professor. O professor relata no extrato acima o fato do terremoto ocorrido no Japão e a discussão feita na Alemanha<sup>14</sup>, que anunciou até 2022 todas as usinas nucleares serão fechadas definitivamente.

A respeito da prática de Bomba Nuclear, P2 relata uma dificuldade quanto ao processo pedagógico:

“[...] alguns alunos ali não queriam nada com nada do começo até o final do trabalho acharam que era matação de tempo tal né...”.

Os alunos, acostumados à cultura escolar tradicional do Ensino de Física, podem não reconhecer como uma aula de Física esta nova opção metodológica, pois não percebem a presença de fórmulas, tarefas convencionais, lista de problemas e provas. Os alunos devem ser inicialmente sensibilizados sobre esta nova opção metodológica, pois assim é possível ter mais aderência ao processo (SAMAGAIA e PIETROCOLA, 2004).

O P2 afirma que as dificuldades de trabalhar um conteúdo não tradicional começam com o próprio professor

“é superar o medo próprio...porque quando você vai partir para algo novo dá aquele medo que dê tudo errado e daí você fica preocupado com o aluno que...se der errado você vai ter que recuperar isso daí depois. E deixa até falar...quando passei para o pessoal do terceiro ano o conceito do *quantum* no primeiro momento uma frase que usei em sala de aula eles gravaram

---

<sup>14</sup> Noticiado pela mídia em 30 de junho de 2011.



aquela frase que tava errado. Eles gravaram como *quantum* fosse um pacotinho de energia e daí eu passei para eles que o *quantum* é além disso. Quando você fala de carga elétrica, você tem um *quantum* de energia, você tem um quantum...”.

Destaca também, como demonstra o extrato acima, que a linguagem adequada é muito importante, e para esta adequação a **criatividade didática** tornasse uma ferramenta que permitirá a suplantação desta dificuldade, pois conforme afirma o professor a linguagem

“é um problema. Porque o jeito que você fala...quando eles vão escutar...escutam de outra forma. E a outra dificuldade em um colégio grande é que quando você tem aulas em três turnos, ensino médio nos três turnos, nem sempre é o mesmo professor que dá para a mesma série manhã, tarde e noite. No caso do terceiro ano tem sorte, porque eu peguei manhã, tarde e noite, no segundo ano tem quatro turmas de manhã e eu peguei uma, daí eu peguei o segundo ano da tarde e da noite, primeiro ano eu peguei uma turma à tarde, de manhã são outros dois professores. Então quando você vai montar um planejamento assim, além de vencer seu próprio medo, você tem que tentar convencer o outro professor que dá que é possível fazer daquela maneira. Fazer diferente”.

Existem outras dificuldades que começam já dentro da própria escola, pois falta a interação entre os professores, e no caso de sua escola o planejamento

“é por série e nos três turnos. Então o primeiro ano tem que seguir o mesmo planejamento manhã, tarde e noite. O segundo ano a mesma coisa, então que nem o segundo ano de manhã tem três professores, tem um professor que dá para duas turmas, eu para uma, e o outro professor para a outra. Então eu não tive tempo para passar para eles como eu faria esta parte do debate ali. Então cada um trabalhou do seu jeito o conteúdo tal, ficou bem diferenciado”.

O P2 afirma que os conteúdos e abordagens ainda não fazem parte do Projeto Político Pedagógico da escola (PPP) apesar de já fazerem parte do Plano de Trabalho Docente

“Não, mas a gente vai ter que inserir . Porque o PPP o ano passado ficou aprovado, mas daí a professora [uma colega de trabalho, nota do autor] falou que a gente vai ter que rever tudo...então eu vou aproveitar esse momento e inserir no PPP alguma coisa”.

Existe também falta tempo de discussão dentro do próprio estabelecimento e também fora:

“tá faltando...primeiro falta um momento dentro da escola, a SEED veio com a história de hora atividade concentrada de vez em quando dá certo, mas neste ano o meu horário ficou bastante bagunçado que não estou conseguindo fazer hora atividade concentrada com os outros professores, então o momento de encontrar com eles e discutir planejamento, conteúdo, é mínimo, às vezes na hora do recreio, às vezes na hora da saída, já cheguei a conversar com professor na frente do estacionamento do

restaurante. Daí ele passou por ali, e a gente conversou cinco minutinhos rapidinho. Então esse momento de encontro tá mais difícil”.

O professor demonstra que a formação continuada é de fundamental importância tanto em relação a conhecer questões práticas educativas como também na troca de experiências

“é até uma briga que a gente tem sempre com o estado, porque o estado tem essas capacitações que vão muito pelo lado teórico e como os professores estão de saco cheio disso não tem proveito nenhum. Então uma coisa que poderia ser feito para melhorar, o pessoal da Física da Secretaria da Educação já está começando a fazer: é nesse cursos de formação modificar o modelo padrão. Então o pessoal da Física, quando tem aquele DEB começa a trazer umas coisas diferentes, como aquele que teve o ano passado (2010) que os próprios professores da rede montavam as oficinas, isso já começou a ajudar...”

O professor manteve as duas práticas analisadas no mesmo momento do ano e as dificuldades apresentadas têm origem administrativa tanto no PPP como no PTD, por isso ele sugere mais encontros com seus pares do setor centro do Núcleo Regional de Ensino, bem como o aumento da hora atividade.

Os dois extratos acima vêm ao encontro do que defendem Schmidt e Garcia (2007), que os participantes de uma formação continuada são produtores de conhecimento sobre o ensino e não apenas como “práticos reflexivos”. Elas propõem a existência de um projeto em comum e colaborativo - entre os professores, sistemas de ensino e universidades – desde que sejam dadas condições e que os mesmos sejam chamados a assumi-lo, considerando este espaço como espaço real de trabalho e a escola (especialmente sala de aula) como objeto de investigação empírica e conceitual.

### **6.2.2 Operacionalidade das atividades desenvolvidas**

Neste segundo eixo de análise, desejamos conhecer se ocorreram mudanças no encaminhamento metodológico e nos materiais e quais as causas dessas mudanças. A operacionalidade da avaliação e as dificuldades inerentes da operacionalidade nos interessam, pois este fato nos permite compreender as dificuldades da criatividade didática.

No caso da prática de Efeito Fotoelétrico, aplicada na segunda série, ele afirma que ocorreram muitas mudanças:

“não ...não...não....em outras vezes assim eu....este ano eu comecei bem no comezinho junto com ondulatória para associar...tentar um gancho entre ondulatória e a eletrodinâmica. Só que nos outros anos era um pouquinho diferente, eu dava ondulatória, dava o conceito inicial de eletrodinâmica e daí dava só demonstração e de vez de mandar eles pesquisarem com antecendência como neste ano eu deixava para eu explicar tudo em uma aula só. Mas eu achei que o aproveitamento da teoria do efeito foi melhor neste ano. Quando eu passei teoricamente para eles e depois demonstrei para eles”.

Entretanto, o P2 afirma que não ficou satisfeito com a prática deste ano, com a abordagem utilizada, o uso de um

“...o softwarezinho...eu achei que poderia ter melhorado algumas coisas...marcado aula de laboratório para eles mexerem ali. Ter preparado um roteirinho para eles fazerem no caderno...eu senti...eu achei que só mostrando na tela eles iriam se interessar um pouco mais...mas não”.

Quando questionado se este aplicativo poderia ter melhor aproveitamento ele afirma

“sim. Eu acho que sim. Porque eu posso fazer o roteirozinho explicando o que eles têm que fazer e perguntar quais são as conclusões deles. Como se fosse um experimento de verdade, para eles colocarem a mão na massa, eles se interessarem um pouco mais”.

O aplicativo foi encontrado pelo P2 no Portal Dia a Dia Educação, da SEED onde, na parte do portal reservado à Física, são colocados diversos aplicativos que envolvem conceitos físicos. O aplicativo para o P2 é

“[...] bem interessante assim só que talvez próxima vez que eu fazer isso daí vou levar ele para o laboratório para eles manipularem mesmo”.

É levantado o questionamento sobre o laboratório de informática, para que os próprios alunos manipulem este aplicativo, se haveria máquinas suficientes e o professor afirma que

“[...] como aqui a escola, é uma escola grande o laboratório de informática, a gente tem dois, e são de maior porte, então dá pra trazer uma turma com trinta e cinco, quarenta alunos ali tranquilo, porque o laboratório tem trinta e duas máquinas. Se fosse uma escola com porte menor com vinte no laboratório já complica muito e aqui a gente tem sorte como tem dois laboratório e fácil a gente agendar então quanto a equipamentos de informática não teria problema”.

Na segunda aula de Efeito Fotoelétrico, o professor afirma que mudaria

“Eu achei ...ali a única coisa que mudaria um jeito de deixar mais visível para todos os alunos. Ali a turma era pequena foi fácil pegar filmar...ou o

aluno vir para cima olhar...mas se fosse uma turma da manhã com quarenta alunos já não iria dar certo, já iria virar...uma boa parte dos alunos ficando dispersos por conta de ficar vendo o experimento. E talvez melhorar um pouquinho na hora de explicar. Porque se eu tivesse a plaquinha mesmo do efeito fotoelétrico talvez fosse mais fácil de ...ficasse mais claro o que eu queria demonstrar; aquele kit de robótica com...como é o nome daquilo a caixinha que agora sumiu...com a interface ali, é dá a impressão, as vezes pode dar a impressão para o aluno que tá manipulando alguma coisa né...que envolve uma programação. Quando você faz com a plaquinha direto, este ano até o estagiário falou que ia trazer para mim, mas acabou esquecendo de trazer...é fica mais fácil porque o equipamento ligado direto na plaquinha já resolve o problema. Via computador assim...ficou meio estranho para o entendimento dos alunos”.

Ele afirmou que prefere utilizar a placa fotoelétrica da “calculadora solar”, pois não pareceria ao aluno uma caixa preta, ou seja, algo que o professor pudesse manipular. Afirmou que, em outros anos, utilizou a placa e sentiu que a prática foi mais satisfatória

“Usei a plaquinha. Na verdade tinha aluno que tinha a calculadora e eu pegava a placa da calculadora, abria ali o medidor de elétrons enquanto a calculadora estava em funcionamento e esse ano não tive nenhum aluno que pudesse emprestar e eu não tive como comprar uma calculadora”.

“é eu acho que passa a impressão para o aluno de ser algo mais direto né, porque quando eu uso o kit de robótica e um programa de computador, ...às vezes na minha cabeça que eu estou manipulando alguma coisa para que funcione. Principalmente para um aluno que não sabe ...que tá aprendendo aquilo ali...eu acho que fica meio estranho”.

Durante o decorrer da gravação da aula o pesquisador, em vários momentos, percebeu que o professor afirmava que alguns conceitos do Efeito Fotoelétrico já haviam sido discutidos, então pediu para que o P2 esclarecesse como havia procedido:

“isso durante todo o primeiro bimestre, para eu dar início no meu conteúdo desse ano, os primeiro quinze dias eram revisão de anos anteriores, então já dei neste período para eles fazerem a pesquisa; então, quando eu fui falar de ondulatória, eu já comecei com efeito fotoelétrico para mostrar um monte de conceitos que a gente tinha que entender...para conseguir entender a fundo o efeito fotoelétrico. Nos outros anos, eu dava toda a teoria, dava os exercícios tal, e depois explicava o efeito fotoelétrico, esse ano eu inverti um pouquinho”.

O pesquisador questionou o professor se, apesar das dificuldades descritas por ele próprio, ele aplicaria novamente esta prática e o professor foi enfático:

“Sim com certeza! Essa do efeito fotoelétrico do terceiro ano eu penso em trazer eles para o laboratório para manipular ali no computador passar roteirinho, como se fosse um laboratório de verdade. Como a escola não tem equipamentos de laboratório eles vão fazer simulado com vários materiais, com várias frequências e ver o que acontece”.

O extrato acima é um forte indício de criatividade didática, pois P2 observou que a técnica tem surtido efeito desejado, que ele ainda pode melhorar ainda mais com a manipulação do aplicativo pelo aluno. Este fato ressalta o que já observamos desde o questionário (apêndice 1): a terapêutica didática desta prática docente, mostrando a inovação desta prática em relação a este e aos outros anos em que o professor trabalhou com o tema.

No caso da avaliação da prática da Bomba Nuclear, P2 afirma que ela iniciou:

“antes do seminário, a preparação dentro de sala de aula. Se eles estavam trazendo material para discutir em sala de aula, ou se eles estavam conversando como a gente viu, conversando em sala de aula de assuntos que não tinham nada a ver e deixam para cima da hora decidir o que iam fazer, então desde o primeiro momento que a gente dividiu em grupos, que eles começaram a trazer material para sala de aula para o debate, eu comecei a avaliar eles”.

Na prática de Efeito Fotoelétrico afirma que a avaliação foi longa, pois:

“bom, como eu tinha passado a teoria antes, fui discutindo toda a teoria durante todo o primeiro bimestre eu cobrei na prova. E, depois no dia do experimento lá, eu pedi para eles entregarem o relatório. Sobre o que eles tinham visto no dia do experimento”.

Afirma ainda que cobrou também questões em prova formal:

“Na prova, eu pedi para eles explicarem com as palavras deles, mas usando conceitos científicos. Eu pedi em dois momentos: o primeiro eu deixei aberto sobre o efeito fotoelétrico...alguns escreveram bastante, mostraram que entenderam bem, outros escreveram frases copiadas e depois em um segundo momento, no meio de um exercício de um trabalho eu pedi para eles explicarem do ponto de vista da energia, explicar o que acontece com a energia no efeito fotoelétrico”.

Entretanto, o P2 apresenta uma preocupação mais ampla a respeito da avaliação,

“acho que só a questão da avaliação que uma dificuldade também que eu acabei não comentando...quando se faz uma atividade diferenciada assim como? E o que? Você vai cobrar do seu aluno como avaliação. No caso do terceiro ano foi fácil você passa a teoria para eles, explica o funcionamento, e tenta pegar na forma escrita se eles conseguem te explicar alguma coisa. Agora no caso do segundo ano que o conteúdo é todo subjetivo e que não fica às claras o que você está pedindo ali e muitas vezes você acaba tendo que complementar o que eles não falaram e tal, então fazer a avaliação disso daí é um pouco mais difícil ...cobrar por escrito o que eles falaram no debate ...para a gente é fácil, a gente lembra e vai anotando as questões.

Mas para eles responderem as questões na avaliação fica um pouco mais difícil... não só na parte de FM mas em toda a Física mas quando você pega um conteúdo que não é tão senso comum para eles, que parte para algo novo para eles, é mais difícil fazer uma avaliação”.

O professor ainda considera uma outra dificuldade na troca de experiências entre os seus pares, pois:

“[...] tem várias escolas aqui ao redor de ensino médio, dificilmente eu tenho momento de sentar com esses professores e trocar ideias, acontece nos DEBs mas uma vez por ano, às vezes duas vezes por ano trocar ideias do que o professor faz em sala de aula e que dá certo...então se tivessem mais essas trocas que os próprios professores trouxessem exemplos do que eles estão usando em sala de aula que dá certo, talvez fosse mais fácil romper esse medo que a gente tem de inovar de fazer algo diferente”.

A valorização da experiência é uma fonte privilegiada no que se refere ao saber ensinar, ao lado da troca de experiências entre seus pares (GARCIA, 2010). Existe a necessidade destacada pelo professor, no extrato acima, de que haja um espaço para que ocorra sistematicamente a troca de experiências, sendo que este espaço deve ser considerado como local de trabalho, podendo ocorrer nos horários de permanência (chamados hora-atividade) ou em encontros que permitam a superação da visão que os professores são apenas técnicos para cumprir orientações.

O professor também destaca as condições de trabalho como fundamentais para um trabalho diferenciado e com qualidade:

“[...] então uma outra coisa é questão legal vinte por cento de hora atividade é pouquíssima se é num momento que passei um trabalho para os alunos ou monto uma atividade interessante para eles ou corrijo os trabalhos, ou levo tudo e faço tudo em casa que as vezes não dá tempo. Então a hora que começar trinta e três por cento, um terço de hora atividades...que eles comecem a mandar um pouquinho mais de recursos para que o professor possa ver que tipo de curso vai fazer ou que tipo de equipamento vai escolher para a escola”.

Outra crítica/dificuldade que o professor destaca, é que a mantenedora manda recursos anuais para compra de materiais de laboratório, entretanto em momento inadequado:

“Porque quando eles mandam para a escola assim, dia dez de dezembro e tem que fechar licitação, compra, até o dia dezoito de dezembro e é bem o momento que você está fechando nota de aluno, acaba complicando. Se eles mandassem essa verba no início do ano, começasse a discussão no

começo do ano, do que fazer de capacitação para os professores acho que melhoraria bastante”.

O professor demonstra em suas falas que possui uma operacionalidade estabelecida, entretanto mostra que existe a necessidade de melhorar a sua criatividade didática, o que possibilitaria uma operacionalização ainda mais eficiente. Ele observa ainda dificuldades estruturais em termos de formação, tempo de preparação de aulas e materiais, mostrando ter consciência que a criatividade didática demanda um tempo longo de maturação e preparação de práticas inovadoras.

### 6.2.3 Criatividade didática das práticas desenvolvidas

A **criatividade didática** possui uma relação direta com à **terapêutica** formando, assim, objetos didáticos que, através de relatos isolados de aplicação de professores, indicam se deram certo ou não. Neste sentido, apesar das dificuldades apresentadas, P2 afirma ter vontade de ampliar os conteúdos de FMC:

“[...] eu até tava conversando não sei com que professor daqui da escola que ele me veio com aquela frase “tudo é relativo”. Daí eu lembrei de alguns comentários de alunos quando a gente a gente passa o conceito de referencial tal...que eles já começam a falar desde o primeiro ano, não sei se na oitava...mas desde o primeiro ano começa a falar em relatividade. E não entendem né... eu quero ver se agora para o quarto bimestre eu pelo menos na turma de primeiro ano que eu dê uma comentada...para que eles comecem a entender essa história de relatividade, que todo mundo fala tal...mas da onde que vem eles não sabem né. Pois, quando eu começo a falar de velocidade da luz que mais rápido eles ficam todos confusos então eu tenho a ideia de alguma forma inserir no primeiro ano FM, a parte de de relatividade”.

Afirma ainda que considera que um conteúdo de FMC a ser inserido no seu PTD e na sua prática cotidiana seria:

“qualquer conteúdo relacionado a tecnologia que os alunos tenham acesso, como o nível dos alunos aqui é de classe média tal, dá para a gente falar de radiação tranquilo, porque faz parte da vida deles, por causa do celular porque tá na moda e que todo mundo fala, inclusive teve reportagem falando de celular...câncer no cérebro. Vários alunos vieram me perguntar....deixa eu ver o que mais....quando sai na mídia né...a radiação que saiu lá no Japão todo mundo tinha dúvidas...todas as turmas manhã,

tarde e noite, tinham dúvidas sobre radiação, se era perigoso? Se era perigoso chegar aqui no Brasil? E algumas coisas que as pessoas falam, não entendem corretamente, como a relatividade, da Física Quântica, tá no dia a dia delas, porque a mídia fala de uma forma ou de outra, e elas usam as palavras mas não sabem o significado” (P2).

Foi questionado o professor sobre qual a prática que ele considerava mais fechada, ou seja, com uma transposição didática com maior eficiência. O mesmo afirmou

“eu acho que a do segundo ano, o do debate e tal, aplicar o mesmo modelo no segundo ano consecutivo assim, inclusive durante as aulas é que estou mais seguro continuar e mudar uma ou outra coisinha, como a do terceiro ano como eu tive que mudar em relação ao ano passado e tal. Inclusive no jeito de dar aula e tal, então eu preferi...não me sinto tão seguro de dizer que ela está pronta e tem bastante coisa para...”

Na escolha do professor temos indícios, por o mesmo já ter aplicado a prática da Bomba Nuclear em outros anos, sem grandes mudanças de encaminhamentos, tendo mais segurança na operacionalidade. No entanto, na prática do Efeito Fotoelétrico, este ano o professor apresentou mudanças profundas no seu encaminhamento didático, não tendo ainda uma segurança quanto a sua operacionalidade.

A utilização de um artigo científico no qual baseou sua prática de Bomba Nuclear, pode ser outro indício também da consideração do P2 perceber uma operacionalidade mais forte. Entretanto, temos que ressaltar que na prática de Efeito Fotoelétrico, o P2 apresenta indícios mais fortes de sua criatividade didática, e tem claros quais pontos deve levar em consideração para sua operacionalidade.

### **6.3 Um mergulho dentro das práticas docentes**

Este processo começou através de uma seleção dos possíveis professores que fazem práticas diferenciadas, apesar das dificuldades apontadas pelos pesquisadores (REZENDE JUNIOR, 2001, OSTERMANN e MOREIRA, 1999) - falta de uma formação adequada e de materiais adequados para o trabalho de FMC - elas estão ocorrendo dentro das salas de aula de nosso país.



Durante esta árdua procura, optamos através de um curso de formação continuada oferecido pela mantenedora estadual pública, encontrar os professores. Conhecer suas dificuldades de formação inicial e continuada, bem como quais práticas docentes de FMC estão desenvolvendo.

Para balizar esta primeira etapa utilizamos os tópicos sugeridos por Ostermann, que foram incluídos no questionário (apêndice 1), entretanto como muitos dos que responderam o questionário trabalham ou foram alunos de graduação do pesquisador, optamos em deixá-los de fora da etapa seguinte, a entrevista semi-estruturada 1.

Na etapa da pesquisa semi-estruturada foram entrevistados seis professores, a análise das mesmas encontra-se no capítulo 4. Destas seis entrevistas, dois professores (1 e 2) nos pareceram mais significativos, pois nesta fase verificamos que muitos estão longe do que responderam no questionário e o que apresentaram em seus relatos durante a entrevista.

Optamos então para a próxima fase: acompanhar as práticas que os professores consideravam mais significativas entre as quais eles tinham marcado no questionário inicial. Foi escolhido o P2 pelo fato do mesmo fazer parte da rede pública de ensino e, ao nosso ver, esta ser mais próxima ao PPGE e à realidade da maior parte dos professores de Física do nosso estado.

Durante a gravação em vídeo digital das duas práticas (Efeito Fotoelétrico e Bomba Nuclear) ficou muito melhor delineado o que obtivemos durante a primeira entrevista com o P2. Ou seja, nos permitiu uma análise mais aprofundada dos três aspectos de Transposição Didática que nos interessam neste estudo: a criatividade didática, a operacionalidade e a terapêutica didática.

Entretanto, ainda tínhamos várias dúvidas sobre a prática docente deste professor, já que o pesquisador, que durante a gravação fazia o papel de um observador total, buscava não interferir no processo com os alunos e, principalmente, com o professor. Esse fato fez com que houvesse a necessidade de uma nova entrevista semi-estruturada com o P2.

Na prática de Efeito Fotoelétrico (EF), desde a primeira aula, havia ficado pela visão do observador total que a prática não estava com o início naquela aula. A dúvida ficou sanada exatamente na entrevista, onde o professor esclareceu que vários conceitos como o *quantum*, já vinham sido trabalhados desde o início do ano.

O professor sempre buscava, já no uso do simulador, relacionar o movimento dos elétrons arrancados com o conceito de intensidade de carga elétrica, o qual o professor trabalharia logo após esta prática docente. Isso fica evidenciado por trechos da aula gravada,

“[...] na última aula eu falei sobre corrente elétrica, não só falei sobre carga elétrica... pedi para vocês pesquisarem sobre corrente elétrica?” alguns murmúrios e o professor complementa: “então anotem aí, pesquisar sobre corrente elétrica e potencial elétrico” e continua... “está saindo alguma coisa da plaquinha de sódio?” e alguns alunos respondem: “não” e o professor rebate: “porque não?” quase inaudível uma aluna responde: “não tem energia suficiente”. O professor então continua: “eu tenho que aumentar a intensidade da luz ou a frequência para conseguir arrancar elétrons?”

Um fato que chama a atenção durante a primeira entrevista, durante a gravação das aulas e na segunda entrevista é o fato que o professor tem clara a necessidade de trabalhar com FMC, porém destaca que não faz mais exatamente pela falta de tempo necessário para a preparação das aulas e, também, por uma formação inicial e continuada que pouco fizeram por ele neste aspecto até agora.

Entretanto, vale ressaltar que o mesmo possui consciência clara que estes dois aspectos são fundamentais para implementação de novos tópicos dentro do seu planejamento, no qual já consta literalmente o Efeito Fotoelétrico (anexo 1) no PTD do colégio, visto que, como o mesmo esclareceu, é um por série para toda o colégio. Ele não vê este único PTD como um problema, mas vê que a falta de um tempo reservado com seus pares é um fator limitante, quer para a troca de experiências, quer para o desenvolvimento de uma **criatividade didática** dos temas tratados.

O mesmo demonstra, na última entrevista, a necessidade de adaptações em sua prática de EF, conforme ele destaca que, na aula a qual classificamos com demonstrativa interativa, a necessidade de que o aluno manipule o aplicativo, sendo que esta é a principal mudança, a qual o mesmo quer implementar no próximo ano didático.

Na segunda aula da prática de EF, o professor demonstra tanto em suas ações durante a aula, uma **criatividade didática**, através da utilização de um kit de robótica que foi desenvolvido, não com este objetivo, o qual executa algumas adaptações as quais permitem, de uma outra forma, que o aluno perceba que a intensidade da fonte não é o fator predominante, mas sim a frequência da onda irradiada.

Entretanto, o professor mostra-se não contente com esta etapa da prática, pois o aluno poderá vê-la como uma “caixa preta”, a qual poderia ser manipulada, ou seja, que o professor “forçasse” o resultado esperado. Esta etapa o professor mudou em relação a outras aplicações que o mesmo desenvolveu anteriormente.

Observamos na fala do professor que ele não está contente com este encaminhamento metodológico, entretanto este possui as características da **operacionalidade**, ou seja, possui um encaminhamento que possibilita a didatização e, embora não seguisse à **cultura tradicional** de Ensino de Física, possibilita uma **terapêutica didática**, pois sem ela este novo tópico não faria parte da cultura do ensino de Física.

Em relação à operacionalidade da avaliação na prática de ‘Efeito Fotoelétrico’, o P2 utilizou questões abertas nas provas formais, entretanto o mesmo demonstra:

“[...] uma dificuldade [...] quando se faz uma atividade diferenciada assim como? E o que? Você vai cobrar do seu aluno como avaliação. [...] Mas para eles responderem as questões na avaliação fica um pouco mais difícil... não só na parte de FM mas em toda a Física mas quando você pega um conteúdo que não é tão senso comum para eles, que parte para algo novo para eles, é mais difícil fazer uma avaliação”.

Na prática docente “Bomba Nuclear” o professor baseou-se em um artigo “Uma experiência com o projeto Manhattan no ensino fundamental” de Samagaia e Peduzzi (2004), artigo ao qual ele teve acesso através de um curso de formação continuada. A sua aplicação foi feita de forma adaptada à realidade da carga horária que o professor dispunha (bastante diferente daquela relatada no artigo) e também as suas características próprias, mostrando que a formação continuada pode ser um incentivo e também de superação dos medos próprios como o próprio professor afirmou na segunda entrevista.

“é superar o medo próprio...porque quando você vai partir para algo novo você dá aquele medo que dê tudo errado e daí você fica preocupado com o aluno que...se der errado você vai ter que recuperar isso daí depois”.

O mesmo ainda afirma que algumas destas formações continuadas possibilitam também a troca de experiências entre os seus pares, pois:

“[...] dificilmente eu tenho momento de sentar com esses professores e trocar ideias, acontece nos DEBs mas uma vez por ano, às vezes duas vezes por ano, trocar ideias do que o professor faz em sala de aula e que dá certo...então se tivessem mais essas trocas que os próprios professores trouxessem exemplos do que eles estão usando em sala de aula que dá

certo, talvez fosse mais fácil romper esse medo que a gente tem de inovar, de fazer algo diferente”

Este contato com as pesquisas no Ensino de FMC pode ser um dos motivos do professor apresentar mais segurança quanto à aplicação da prática de ‘Bomba Nuclear’ “eu acho que a do segundo ano o do debate e tal, aplicar o mesmo modelo no segundo ano consecutivo assim, inclusive durante as aulas é que estou mais seguro continuar e mudar uma ou outra coisinha...”.

O trabalho de Transposição Didática deve ser cuidadoso, pois não adianta trabalhar FMC com os mesmos meios, ou seja, a mesma operacionalidade utilizados para se ensinar FC, conforme ressalta Brockington e Pietrocola (2005):

“... um exercício comum que aparece quando se intenciona inserir Física de Partículas nas escolas é, simplesmente, transformá-la em colisões de bolinhas e exigir o cálculo de quantidade de movimento para descrever seu comportamento. Estas bolinhas, agora com nomes excêntricos como elétrons, prótons, nêutrons etc. são na verdade as mesmas bolas de sinuca que antes colidiam numa mesa de bilhar. Ou seja, criar exercícios que trabalhem conceitos de FMC utilizando o mesmo molde, ou o mesmo tipo de operacionalidade existente na FC é “vender vinho velho em garrafa nova” (p.401).

É necessário buscar uma nova **criatividade didática** pois como os mesmos autores ressaltam, não basta:

“... apenas troca-se relação  $F = m a$  por  $E = h.v$ . Vale dizer ainda que outro problema pode acompanhar a produção e aplicação dessas novas atividades; utilizando o mesmo modelo de exercícios corre-se o risco de transformar a FMC em algo tão cansativo, inexpressivo e enfadonho quanto é o ensino da Cinemática em muitos casos” (p.401).

A **operacionalidade** deve possuir atividades que correspondam ao novo contexto epistemológico definidos pelos conhecimentos de FMC.

“Não se deve imaginar que exercícios deste tipo não tenham nenhum valor, nem que devam estar fora de cursos introdutórios de FMC. Porém, seu valor deve ser atrelado ao que seria possível obter em termos de entendimento do mundo microscópico através deles.” ( p. 401).

Neste contexto, devemos ter em mente que as aulas não serão dentro da cultura escolar do ensino de FC, devemos buscar novas estratégias, ou seja, uma transposição didática que corresponda aos objetivos para ensinar FMC. Mas,

“por essa razão, estudantes habituados ao modelo convencional, e que não tenham sido alertados quanto à opção metodológica (e não o foram propositadamente), percebem a ausência das fórmulas, tarefas convencionais, listas de problemas e provas” (SAMAGAIA e PIETROCOLA, 2004, p. 272).

Senão corremos o risco de os próprios alunos estranharem esta nova cultura no ensino de Física pois, como relatou o P2, após a aplicação da prática da ‘Bomba Nuclear’ observou que

“[...] teve vários alunos que ficaram interessados, realmente preocupados inclusive de construírem a bomba né...inclusive das consequências tal do uso da energia nuclear, isso eu gostei bastante e alguns alunos ali não queriam nada com nada do começo até o final do trabalho, acharam que era matação de tempo tal né...”.

Uma das possibilidades de superação é a articulação entre este conhecimento novo com um conhecimento antigo. O professor já operacionaliza principalmente com novos conceitos, como o caso da prática de Efeito Fotoelétrico quando associa o movimento dos elétrons a corrente elétrica.

## CONCLUSÃO

Neste trabalho estudamos como as práticas docentes no ensino de Física Moderna e Contemporânea no EM estão sendo desenvolvidas nas escolas, sob três pilares importantes dentro da Transposição Didática: criatividade didática, operacionalidade didática e a terapêutica didática.

A falta de materiais específicos e a precária formação inicial e continuada do professor (REZENDE JUNIOR, 2001, D'AGOSTIN, 2008) nesta temática são as duas principais razões apontadas pelas pesquisas que dificultam a efetiva inserção da FMC como conteúdo regular no EM.

Enquanto a FC já é um saber reconhecido e valorizado socialmente, com isso encontrando um espaço privilegiado no tempo didático (PEREIRA e OSTERMANN, 2004) da cultura escolar do ensino de Física, as práticas docentes em FMC, quando presentes no EM, são bastante tímidas. Ainda que tímidas algumas práticas no ensino de FMC vem ocorrendo em algumas escolas, apesar de todas as dificuldades.

Compreendemos que devemos buscar a superação do modelo de construção do conhecimento e de pesquisa no qual somente alguns podem produzir conhecimentos enquanto a outros cabe a sua transmissão. Esta concepção fornece uma aparência de legitimidade provocando um “racismo de inteligência”<sup>15</sup>. Defendo aqui a visão de Garcia (2007) que a produção de conhecimento seja elemento constitutivo da função de ensinar, podendo ser um fator de aproximação entre professores dos diversos graus de ensino.

Nesse sentido, o caminho por nós proposto para esta pesquisa é no sentido de, ao invés de estudar os reflexos das pesquisas da área na prática dos professores, estudamos o que esses professores estão fazendo nas suas práticas docentes no ensino de FMC, contribuindo para a construção do conhecimento sobre esse ensino.

---

<sup>15</sup> Termo proposto por Bourdieu fazendo que os dominantes se sintam justificados na sua existência de dominantes na transmissão do seu capital cultural, tornando um dom social como dom natural.

A terapêutica didática era um pré requisito para selecionarmos as práticas docentes em FMC que estudaríamos, pois procurávamos dentre os nossos professores entrevistados aqueles que apresentassem este pilar. Interessava-nos compreender como estes professores, apesar das dificuldades, trabalhavam com temas de FMC de forma regular, ou seja, terapêutica.

Durante o questionário inicial<sup>16</sup> (apêndice 1) e após as seis primeiras entrevistas (apêndice 2), analisando os materiais utilizados e como eles foram utilizados pelos professores, percebemos que eles demonstravam indícios de criatividade e operacionalidade didática. Entretanto, optamos em observar como um professor em particular desenvolvia sua prática docente, gravando as duas práticas no ensino de FMC (EF e Bomba Nuclear) apontadas por ele como as mais significativas. Mais especificamente, estudamos os indícios da criatividade didática e a operacionalidade didática, que permitiram tal terapêutica.

Principalmente na prática **Efeito Fotoelétrico** ficou mais evidente a criatividade didática. Na aula 1 desta prática o professor usa um simulador e demonstra uma criatividade em relação ao seu uso<sup>17</sup>. Ainda assim, ele ressalta que quer mudar o seu encaminhamento metodológico, caracterizando uma busca de mais operacionalidade.

Na aula 2 de **Efeito Fotoelétrico** o professor utiliza de um kit de robótica, onde novamente os indícios de criatividade didática própria são ressaltados, pois esse kit não foi desenvolvido para este fim. Embora em ambas aulas o professor, na sua entrevista final, não demonstre que tenha ficado satisfeito, consideramos que esta prática possui indícios mais fortes da **criatividade didática**; com uma presença forte da operacionalidade didática. Entretanto, é importante ressaltar que tal operacionalidade não é aquela da forma tradicional utilizada no ensino da FC.

Na prática docente da **Bomba Nuclear** o professor demonstra na entrevista final uma maior satisfação. O docente relata a não participação de alguns alunos nesta prática veementemente, provavelmente por não reconhecerem a operacionalidade tradicional do Ensino de Física. Entretanto, conforme afirmam Brockington e Pietrocola (2005), não adianta oferecer algo novo em recipiente velho, precisamos encontrar “novos recipientes”, ou seja, uma nova operacionalidade

---

<sup>16</sup> Observa-se que os materiais utilizados foram muitos (vide quadro 7).

<sup>17</sup> A qual resolvemos denominar de demonstrativa interativa.

didática é necessária, a partir de uma criatividade didática, elementos presentes na prática desse professor.

Isso corrobora com a revisão de literatura nos artigos da área, que mostrou que muitos trabalhos e materiais estão sendo desenvolvidos para o EM, entretanto percebe-se que a operacionalidade didática proposta é diferente à da cultura escolar tradicional da FC.

A triângulação dos dados nos permitiu ainda perceber que apenas a prática de Efeito Fotoelétrico encontra-se registrada no PTD do professor 2. Isso mostra que os professores do Colégio ainda não tiveram a preocupação ou oportunidade de sistematizar os conteúdos e a prática da Bomba Nuclear no PTD. Apesar disso, as duas práticas acompanhadas demonstraram a terapêutica didática que já eram citadas por P2 nos outros instrumentos de pesquisa utilizados.

A abordagem da FMC no EM ainda não possui uma cultura escolar definida, não existem modelos para serem seguidos, portanto para estabelecer uma nova cultura escolar de FMC no EM, os temas devem possuir uma terapêutica didática, ou seja, devendo ser ensinado em sala de aula sistematicamente, fazendo parte da prática docente.

Para alcançar a terapêutica didática, uma prática deve ter uma operacionalidade, esta por sua vez depende de um encaminhamento metodológico que seja adequado ao nível de ensino. A maneira que utiliza os materiais e os demais instrumentos caracterizará a criatividade didática do professor.

O professor P2 na entrevista deixa clara a insegurança de trabalhar os tópicos de FMC, parecendo estar mais seguro no desenvolvimento a prática da Bomba Nuclear do que na prática do Efeito Fotoelétrico. Talvez a preferência pela prática da Bomba Nuclear seja porque para o desenvolvimento dessas atividades ele tenha se inspirado em um artigo científico já publicado, necessitando de sua criatividade didática para uma adaptação à sua realidade local. O fato dessa prática já ter sido analisada e sistematizada pelos autores em um artigo talvez exerça um sentido de autoridade para esse professor. Já a prática do Efeito Fotoelétrico, especialmente a utilização do Kit de robótica e um simulador, é uma criação sua, e nesse sentido talvez ele ainda não tenha sistematizado o desenvolvimento para ele próprio, mostrando-se ainda inseguro quanto ao seu desenvolvimento.

Ainda que se tenha percebido uma operacionalidade nas duas experiências, percebe-se que P2 ainda sente necessidade de implementar/adaptar novos



direcionamentos às duas práticas. Isso evidencia que a operacionalidade dessas práticas levou à uma terapêutica, mas que a terapêutica está levando o professor a continuar sua busca por mais operacionalidade.

Possuir terapêutica didática não significa que a prática docente está pronta e definida em sua operacionalidade, mas que esta permite novas adaptações de materiais e encaminhamentos, ou seja, que através de nova criatividade didática, se pode melhorar a operacionalidade dessa prática.

A minha vivência dentro do PPGE possibilitou buscar um caminho metodológico de compreender o processo de uma pesquisa qualitativa. Sendo minha contribuição foi desenvolver modos de, como pesquisador, buscar a compreensão de problemas complexos como a prática docente em FMC.

## Referências bibliográficas

ALVETTI, M.A.S. **Ensino de física moderna e contemporânea e a revista ciência hoje**. Dissertação de mestrado UFSC, Florianópolis, 1999.

AYALA, A.L. A construção de um perfil para o conceito de referencial em física e os obstáculos epistemológicos da aprendizagem da Teoria da Relatividade restrita. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.15, n.1, p. 155-179, 2010

ARRUDA, S.M.; VILLANI, A. Mudança conceitual no ensino de ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 11, n. 2, p. 88-99, ago 1994.

BARROS, M.A., BASTOS, H.F. Investigando o uso do ciclo da experiência kellyana na compreensão do conceito de difração de elétrons. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 24, n. 1: p. 26-49, abr. 2007.

BRASIL. MEC. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/Semtec, 2006.

BROCKINGTON, G. PIETROCOLA, M. Serão as regras de Transposição Didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna?. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10(3) p. 387-404, 2005.

CARUSO, F. Física moderna no ensino médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas. **Caderno Brasileiro Ensino Física**, v. 26, n.2, p.355-366, ago 2009.

CATELLI, F. LIBARDI, H. CDs como lentes difrativas. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, v.32, n. 2, 2010.

CAVALCANTE, M.A.; TAVOLARO, C.R.C. Uma aula sobre efeito fotoelétrico no desenvolvimento de competências e habilidades. **Física na Escola**, v.3, n.1, 2002.

CAVALCANTE, M.A.; TAVOLARO, C.R.C. **Cad.Cat.Ens.Fís.**, v. 18, n. 3: p. 298-316, dez. 2001.

CHEVALLARD, Y.. **La Tranposición Didáctica. Del Saber sábio al saber enseñado.** Argentina, 1997.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais.** 3 ed. Petrópolis, RJ, Vozes, 144p., 2010.

D'AGOSTIN, A. **Física Moderna e Contemporânea: com a palavra professores do Ensino Médio.** Dissertação de mestrado – PPGE- UFPR, 112p., Curitiba, 2008.

FAGUNDES, M.B. et al. Ensinando dualidade onda-partícula sob uma nova óptica. **V Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física**, Águas de Lindóia, SP, 02 a 05 de setembro de 1996. Disponível em: [http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos\\_diversos/EPEF/V/V-Encontro-de-Pesquisa-em-Ensino-de-Fisica.pdf](http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/EPEF/V/V-Encontro-de-Pesquisa-em-Ensino-de-Fisica.pdf) . Acesso 15 agosto 2011.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa.** São Paulo, Artmed, 2009.

FORQUIN, Jean-Claude. **Escola e cultura:** as bases sociais e epistemológicas do conhecimento escolar. Porto Alegre/RS: Artes Médicas, 1993.

\_\_\_\_\_. O currículo entre o relativismo e o universalismo. In: **Revista Educação & Sociedade**, n.73. Campinas, dezembro/2000. p. 47-70.

GARCIA, N.M.D. Didática da Física: perspectivas de investigação. **Diálogos e perspectivas de investigação.** Editora Unijuí, p.139-162, Ijuí, 2008.

GARCIA, T.M.F.B. Ensino e pesquisa em ensino: espaços de produção docente. In: GARCIA, N.M.D. *et al.* **A pesquisa em ensino de física e a sala de aula.** São Paulo, Editora da Sociedade Brasileira de Física, 230-259, 2010.

GUERRA, A. BRAGA, M.; REIS, J. C. Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 4, p. 575-583, 2007.

\_\_\_\_\_. Tempo, espaço e simultaneidade: uma questão para os cientistas, artistas, engenheiros e matemáticos no século XIX. **Caderno Brasileiro Ensino Física**, v.27, n.3, p. 568-583, dez 2010.

HIGA, I.; HOSOUME, Y. Formação de professores de Física: concepções sobre a ciência e seu ensino. . **Diálogos e perspectivas de investigação.** Editora Unijuí, p.245-264, Ijuí, 2008.

IMMICH, V. et al. Caracterização de “problemas” de física moderna em livros didáticos de física. XVI SNEF Vitória, 2009.

Disponível em:

<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/.../T0877-1.pdf>

KARAM, R.A.S. *et al.* Relatividades no ensino médio: o debate em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 105-114, 2007.

KARAM, R.A.S. *et al.* Tempo relativístico no início do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 373-386, (2006).

KAWAMURA, M.R.D.; HOUSOUME, Y. A contribuição da Física para um novo Ensino Médio. **Física na escola**, v.4, n.2, p.22-37, 2003.

KIOURANIS, N.M.M.; SOUZA, A.R.; SANTIN FILHO, O. Experimentos mentais e suas potencialidades didáticas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, 2010.

LOBATO, T.; GRECA, I. M. Análise da inserção de conteúdos de teoria quântica nos currículos de física do ensino médio. **Ciência & Educação**, v.11, n.1, p. 119-132, 2005.

LOCH, J.; GARCIA, N. M .D. . Física Moderna e Contemporânea no planejamento dos professores das escolas públicas do Estado do Paraná. **Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Vitória, 2009.

LOCH, J. **Física moderna e contemporânea no planejamento de professores de física de escolas públicas do Estado do Paraná**. Dissertação de mestrado. PPGE -UFPR, 125p., Curitiba, 2010.

LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. Conhecimento escolar e conhecimento científico: diferentes finalidades, diferentes configuração. In: LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. **Currículo e epistemologia**. Ijuí – RS: Ed. Unijuí, 2007.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D.A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo, EPU, 1986.

MEC. Orientações Curriculares para o Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Disponível em <http://www.mec.gov.br>.

MACHADO, D.I. **Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com suporte da hipermídia**, 298p. Tese de doutorado, Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2006.

MACHADO, D.I., NARDI, R. Avaliação de um sistema hipermídia enquanto recurso didático para o ensino de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência. . **X Encontro Nacional de Ensino de Física**, Londrina, 2006. Disponível em:

<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/x/atas/resumos/T0168-1.pdf>

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, mar. 2000.

\_\_\_\_\_. Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência de sala de aula e da formação inicial de professores. **Cad.Cat.Ens.Fís.**, v. 18, n. 2: p. 135-151, ago. 2001.

OSTERMANN, F.; RICCI, T.F. Relatividade restrita no ensino médio: contração de Lorentz-fitzgerald e aparência visual de o objetos relativísticos em livros de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, n.2, p.176-179, agosto, 2002.

OSTERMANN, F. CAVALCANTI,C.J.H. Física moderna e contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais. **Cad.Cat.Ens.Fís.**, v. 16, n. 3: p. 267-286, dez. 1999.

OSTERMANN, F. PRADO, S.D. Interpretações da mecânica quântica em um interferômetro virtual de Mach-Zehnder. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 2, p. 193-203, 2005.

PARANÁ/SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ. **Diretrizes Curriculares Estadual da Educação Básica**, 2008. Disponível em:<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/diaadia/diadia/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=98>

PENA, F.L.A. Relação entre a pesquisa em ensino de física e a prática docente: dificuldades assinaladas pela literatura nacional da área. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n.3, dez 2008.

PEREIRA, A.P. CAVALCANTI, C.J.H. OSTERMANN, F. Concepções relativas à dualidade onda-partícula: uma investigação na formação dos professores de física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.8, n.1, 2009.

PEREIRA, A.P.; OESTEMANN, F. Sobre o ensino de física moderna e contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.14 (3), p.393-420, 2009.

PÉREZ GOMÉZ, A.I. **A cultura escolar na sociedade neoliberal**. Trad. Ernani Rosa, Porto Alegre, Artemed, 2001

PIETROCOLA, Maurício; OFUGI, C. D. R. **A abordagem da relatividade restrita em livros didáticos do Ensino Médio e a Transposição Didática**. In: II Encontro nacional de pesquisa em Educação em Ciências, 1999, Valinhos - SP. Anais do "II Encontro nacional de pesquisa em Educação em Ciências. Porto Alegre: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, p. 1-12, 1999.

PINTO, A.C.; ZANETIC, J. É possível levar física quântica para o ensino médio? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 16, n. 1: p. 7-34, abr. 1999.

REZENDE JUNIOR, M. F. **Fenômenos e a introdução de física moderna e contemporânea no ensino médio**. Dissertação de Mestrado UFSC, Florianópolis, 2001.

REZENDE, F. ; OSTERMANN, F. Formação de professores de Física no ambiente virtual InterAge: um exemplo voltado para a introdução da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio. **Física na Escola**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 15-19, 2004.

RICARDO, E.C. *et al.*. Comentários sobre as Orientações Curriculares de 2006 para o ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.30, n.2, 2401, 2008.

ROSA, C. W. da; ROSA, A. B. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. In: Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 4, n. 1, 2005. Acesso em 25/06/2010.

Disponível em:

[http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen4/ART2\\_Vol4\\_N1.pdf](http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N1.pdf)

SALES, G.L. *et al.* Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.30, n.3, 2008.

SAMAGAIA, R.; PEDUZZI, L.O.Q. Uma experiência com o projeto Manhattan no ensino fundamental. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 2, p. 259-276, 2004.

SANCHES, M.B. *et al.* A inserção da Física Moderna e Contemporânea no currículo do Ensino Médio. **X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF**, Londrina, 2006.

SCHIMIDT, M.A.; GARCIA, T.M.F.B. Professores e produção de currículo: uma experiência na disciplina de História. **Currículo sem fronteiras**, v.7, n.1, p.160-170, jan/jun 2007.

SILVA, J.A. KAWAMURA, M.R.D. A natureza da luz: uma atividade com textos de divulgação científica em sala de aula. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 18, n. 3, p. 317-340, dez.2001.

SILVA, J. F. da. **Apropriação da Linguagem Científica por parte dos alunos em uma sequência de Ensino de Física Moderna**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SIQUEIRA, M.R.da P. **Do visível ao indivisível: uma proposta de física de partículas elementares para o ensino médio**. Dissertação de mestrado – IF, IQ, IB, FE – USP, 2006.

SONZA, A.P. FAGAN, S.B. Investigação sobre abordagens de física moderna no ensino médio. **X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF**, Londrina, 2006.

SOUZA, M. A. ; DANTAS, J.D. Fenomenologia nuclear: uma proposta conceitual para o ensino médio. **Caderno Brasileiro Ensino de Física**, v.27, n.1, abr 2010.

SOUZA, P.F.L. *et. al.* Pensamento transdisciplinar: uma abordagem para compreensão do princípio da dualidade da luz, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, 2010.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez.1992.

TOLEDO, R.S. et. al. Haciendo hologramas en la escuela y en la casa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.32, n.3, 2010.

VALENTE, L. **A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: caminhos para a sala de aula**. Dissertação de mestrado – IF, IQ, IB e FE – USP, 2009.

VALENTE, et. al.  $E=mc^2$ : uma abordagem para Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. **X Encontro Nacional de Ensino de Física**, Londrina, 2006.

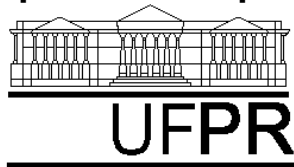
Disponível em:

<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/x/atas/resumos/T0147-1.pdf>



## APÊNDICES

### Apêndice 1: questionário



MESTRANDO: TONY MARCIO GROCH

ORIENTADORA: IVANILDA HIGA

Prezado(a) professor(a)

Sou professor de Física aqui na rede estadual do Paraná e atualmente faço mestrado no Programa de Pós-Graduação em Educação – Concentração Cultura, Escola e Ensino da UFPR. Para o desenvolvimento da minha pesquisa necessito de sua colaboração respondendo a este breve questionário. Desde já agradeço sua valiosa atenção.

Identificação:

Curso(s) de Graduação: \_\_\_\_\_

Ano de conclusão do(s) curso(s): \_\_\_\_\_

Atuo no magistério há \_\_\_\_\_ ano(s), dentre os quais, \_\_\_\_\_ anos na disciplina Física.

Cursos em formação continuada que você fez (cite aqueles que você julgar mais relevantes):

---



---



---



---

1. Você trabalha/trabalhou com temas de Física Moderna e Contemporânea com seus alunos?

( ) sim ( ) não

2. Quais materiais pedagógicos você utiliza/utilizou nestas aulas?

( ) livro didático

( ) vídeos

( ) simuladores

( ) paradidáticos

( ) textos de divulgação científica

( ) outros. Quais?

---



---

3. Se a resposta à questão (1) foi “SIM”, qual (is) tema (s) você abordou?

Tema	Série
( ) efeito fotoelétrico	( ) 1 <sup>a</sup> ( ) 2 <sup>a</sup> ( ) 3 <sup>a</sup>
( ) átomo de Bohr	( ) 1 <sup>a</sup> ( ) 2 <sup>a</sup> ( ) 3 <sup>a</sup>
( ) leis de conservação	( ) 1 <sup>a</sup> ( ) 2 <sup>a</sup> ( ) 3 <sup>a</sup>
( ) forças fundamentais	( ) 1 <sup>a</sup> ( ) 2 <sup>a</sup> ( ) 3 <sup>a</sup>
( ) dualidade onda-partícula	( ) 1 <sup>a</sup> ( ) 2 <sup>a</sup> ( ) 3 <sup>a</sup>
( ) Fissão e fusão nuclear	( ) 1 <sup>a</sup> ( ) 2 <sup>a</sup> ( ) 3 <sup>a</sup>
( ) radioatividade	( ) 1 <sup>a</sup> ( ) 2 <sup>a</sup> ( ) 3 <sup>a</sup>
( ) origem do universo	( ) 1 <sup>a</sup> ( ) 2 <sup>a</sup> ( ) 3 <sup>a</sup>
( ) raios X	( ) 1 <sup>a</sup> ( ) 2 <sup>a</sup> ( ) 3 <sup>a</sup>
( ) metais e isolantes	( ) 1 <sup>a</sup> ( ) 2 <sup>a</sup> ( ) 3 <sup>a</sup>
( ) semicondutores	( ) 1 <sup>a</sup> ( ) 2 <sup>a</sup> ( ) 3 <sup>a</sup>
( ) Laser	( ) 1 <sup>a</sup> ( ) 2 <sup>a</sup> ( ) 3 <sup>a</sup>
( ) supercondutores	( ) 1 <sup>a</sup> ( ) 2 <sup>a</sup> ( ) 3 <sup>a</sup>
( ) partículas elementares	( ) 1 <sup>a</sup> ( ) 2 <sup>a</sup> ( ) 3 <sup>a</sup>
( ) relatividade restrita	( ) 1 <sup>a</sup> ( ) 2 <sup>a</sup> ( ) 3 <sup>a</sup>
( ) Big Bang	( ) 1 <sup>a</sup> ( ) 2 <sup>a</sup> ( ) 3 <sup>a</sup>
( ) fibras ópticas.	( ) 1 <sup>a</sup> ( ) 2 <sup>a</sup> ( ) 3 <sup>a</sup>
( ) estrutura molecular	( ) 1 <sup>a</sup> ( ) 2 <sup>a</sup> ( ) 3 <sup>a</sup>
( ) outros, quais: _____	( ) 1 <sup>a</sup> ( ) 2 <sup>a</sup> ( ) 3 <sup>a</sup>
( ) outros, quais: _____	( ) 1 <sup>a</sup> ( ) 2 <sup>a</sup> ( ) 3 <sup>a</sup>

4. O seu colégio irá propor alguma disciplina do ensino médio inovador que tenha ligação com a disciplina de Física?

( ) sim, qual (is)? \_\_\_\_\_

( ) não

Nome: \_\_\_\_\_

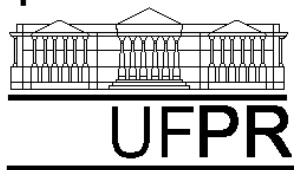
Colégio: \_\_\_\_\_

Email e ou telefone de contato: \_\_\_\_\_

Você se colocaria a disposição de fazermos uma breve entrevista para nos contar sobre sua experiência pedagógica com o Ensino de Física Moderna e Contemporânea, em horário e local de sua conveniência?

( ) sim ( ) não

## Apêndice 2: roteiro de entrevista inicial



MESTRANDO: TONY MARCIO GROCH

ORIENTADORA: IVANILDA HIGA

Identificação:

Nome: \_\_\_\_\_

Colégio: \_\_\_\_\_

Curso(s) de Graduação: \_\_\_\_\_

Atua no magistério há \_\_\_\_\_ ano(s), dentre os quais, \_\_\_\_\_ anos na disciplina Física.

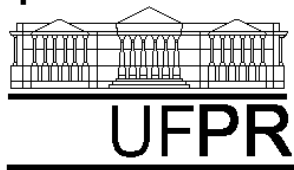
### Questões

1. Qual (is) sua(s) experiência(s) com o ensino de FMC?
2. No questionário você apontou vários temas de FMC, cite dois que considera os mais relevantes?

### **3. Quais materiais didáticos que você utilizou nesta prática pedagógica?**

4. Como foi a avaliação dos alunos?
5. Você aplicaria esta(s) pratica(s) pedagógica(s) novamente?
6. Porque você tratou os temas de FMC?
7. Você participa de eventos da área? Utiliza periódicos da área?
8. Como foi a formação pedagógica para trabalhar com FMC?
9. Gostaria de comentar algo mais, que considere relevante mas que eu não tenha perguntado?

### Apêndice 3: roteiro de entrevista



MESTRANDO: TONY MARCIO GROCH

ORIENTADORA: IVANILDA HIGA

Identificação:

Nome: \_\_\_\_\_

Colégio: \_\_\_\_\_

**Questão 1** - O que achou da prática pedagógica deste ano?

**Questão 2** - O que mudou na prática pedagógica em relação aos anos anteriores?

Por que mudou?

**Questão 3** - A prática pedagógica ocorreu no mesmo momento (ano)? Se não foi por que mudou?

**Questão 4** - Na sua opinião para que uma prática seja repetida o que é importante, o que ela deve conter?

**Questão 5** - Pensa em repetir esta prática? O que você mudaria? E por quê?

**Questão 6** - A avaliação, as atividades na sua opinião foram satisfatórias? Mudou em relação ao ano anterior? O que pensa em mudar para o próximo ano?

**Questão 7** - Nas abordagens de novos conteúdos de física o que você considera importante para trabalhar em sala de aula?

**Questão 8** - Você gostaria de ressaltar algum ponto do qual não foi questionado?



## ANEXOS

### ANEXO 1: Plano de trabalho Docente de P2

#### terceiro ano



CONTEUDO E ESTRUTURANTE	CONTEUDOS BÁSICOS	CONTEUDOS ESPECÍFICOS	ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIOS DE RECUPERAÇÃO
Movimento eletromagnetismo	A natureza da luz e suas propriedades  Carga e corrente elétrica  Campo e ondas eletromagnéticas  Interações	- Efeito foto-elétrico - Ondas: conceitos, frequência, período, comprimento de onda, velocidade. - fenômenos ondulatórios - Som: natureza e características	Trabalhar os conteúdos de forma que o aluno compreenda a Física como meio de resolver situações cotidianas através de: - Aulas expositivas - Resolução de exercícios individualmente e em grupos. - Estudo dirigido e individual - Resolução de exercícios complementares em casa. - Esclarecimento de dúvidas sobre exercícios complementares. - Interpretação de vídeos e músicas, a física como elemento da arte. - Execução de trabalhos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreende a luz como uma entidade eletromagnética, parte da radiação eletromagnética;</li> <li>• Compreende a ideia de dualidade onda-partícula da luz, estendendo-a a toda a matéria;</li> <li>• Entende e identifica os fenômenos luminosos como resultado da interação da energia quantizada com a matéria;</li> <li>• Compreende a carga elétrica como uma entidade eletromagnética;</li> <li>• Apreende o modelo da carga elétrica e o seu movimento a partir das propriedades elétricas dos materiais;</li> <li>• Associa a carga elétrica elementar à quantização da carga.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreende a luz como uma entidade eletromagnética, parte da radiação eletromagnética;</li> <li>• Entende e identifica os fenômenos luminosos como resultado da interação da energia quantizada com a matéria;</li> <li>• Associa a carga elétrica elementar à quantização da carga.</li> </ul>
			<b>RECURSOS</b> - Vídeo - Música - Wiki (AVA) - Laboratório de Física - Laboratório de informática	<b>INSTRUMENTOS</b> - Prova escrita - Trabalho escrito - Lista de exercícios	<b>INSTRUMENTOS</b> - Prova escrita - Trabalho escrito - Lista de exercícios

REFERÊNCIAS:



CONTEÚDO ESTRUTURANTE	CONTEÚDOS BÁSICOS	CONTEÚDOS ESPECÍFICOS	ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIOS DE RECUPERAÇÃO
Eletromagnetismo	Carga elétrica Corrente elétrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- carga elétrica</li> <li>- corrente elétrica</li> <li>- Lei de Ohm</li> <li>- campo e potencial elétrico</li> </ul>	Trabalhar os conteúdos de forma que o aluno compreenda a Física como meio de resolver situações cotidianas através de: <ul style="list-style-type: none"> <li>-Aulas expositivas</li> <li>-Resolução de exercícios individualmente e em grupos.</li> <li>-Estudo dirigido e individual</li> <li>-Resolução de exercícios complementares em casa.</li> <li>-Esclarecimento de dúvidas sobre exercícios complementares.</li> <li>-Interpretação de vídeos e músicas, a física como elemento da arte.</li> <li>- Execução de trabalhos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entende o conceito de campo como uma entidade física fundamental para a compreensão dos fenômenos eletromagnéticos e, dotado de energia;</li> <li>• Percebe a inseparabilidade carga-campo;</li> <li>• Compreende a corrente elétrica;</li> <li>• Compreende a força como agente externo à carga e aos ímãs;</li> <li>• Conhece as propriedades elétricas e magnéticas de um material</li> <li>• Concebe a energia potencial elétrica como uma das muitas formas de manifestação de energia;</li> <li>• Conhece as propriedades elétricas dos materiais, por exemplo, a resistividade;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Percebe a inseparabilidade carga-campo;</li> <li>• Compreende a corrente elétrica;</li> <li>• Conhece as propriedades elétricas e magnéticas de um material</li> <li>• Concebe a energia potencial elétrica como uma das muitas formas de manifestação de energia;</li> <li>• Conhece as propriedades elétricas dos materiais, por exemplo, a resistividade;</li> </ul>
			<b>RECURSOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vídeo</li> <li>- Música</li> <li>- Wiki (AVA)</li> <li>- Laboratório de Física</li> <li>- Laboratório de informática</li> </ul>	<b>INSTRUMENTOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prova escrita</li> <li>- Trabalho escrito</li> <li>- Lista de exercícios</li> </ul>	<b>INSTRUMENTOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prova escrita</li> <li>- Trabalho escrito</li> <li>- Lista de exercícios</li> </ul>

REFERÊNCIAS:



CONTEÚDO ESTRUTURANTE	CONTEÚDOS BÁSICOS	CONTEÚDOS ESPECÍFICOS	ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIOS DE RECUPERAÇÃO
Eletromagnetismo	Equações de Maxwell Campo e ondas eletromagnéticas Corrente elétrica Força Eletromagnética  Carga e corrente elétrica	Lei de Coulomb Lei de Ampère Lei de Gauss	Trabalhar os conteúdos de forma que o aluno compreenda a Física como meio de resolver situações cotidianas através de: <ul style="list-style-type: none"> <li>-Aulas expositivas</li> <li>-Resolução de exercícios individualmente e em grupos.</li> <li>-Estudo dirigido e individual</li> <li>-Resolução de exercícios complementares em casa.</li> <li>-Esclarecimento de dúvidas sobre exercícios complementares.</li> <li>-Interpretação de vídeos e músicas, a física como elemento da arte.</li> <li>- Execução de trabalhos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreende a carga elétrica como uma entidade eletromagnética;</li> <li>• Apreende o modelo da carga elétrica e o seu movimento a partir das propriedades elétricas dos materiais;</li> <li>• Associa a carga elétrica elementar à quantização da carga;</li> <li>• Utiliza as Leis de Maxwell para interpretar e explicar fenômenos eletromagnéticos;</li> <li>• Entende o conceito de campo como uma entidade física fundamental para a compreensão dos fenômenos eletromagnéticos e, dotado de energia;</li> <li>• Percebe a inseparabilidade carga-campo;</li> <li>• Compreende a corrente elétrica e a força como entes físicos que aparecem associados ao campo;</li> <li>• Compreende a força como agente externo à carga e aos ímãs;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreende a carga elétrica como uma entidade eletromagnética;</li> <li>• Associa a carga elétrica elementar à quantização da carga;</li> <li>• Utiliza as Leis de Maxwell para interpretar e explicar fenômenos eletromagnéticos;</li> <li>• Entende o conceito de campo como uma entidade física fundamental para a compreensão dos fenômenos eletromagnéticos e, dotado de energia;</li> <li>• Compreende a força como agente externo à carga e aos ímãs;</li> </ul>
			<b>RECURSOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vídeo</li> <li>- Música</li> <li>- Wiki (AVA)</li> <li>- Laboratório de Física</li> <li>- Laboratório de informática</li> </ul>	<b>INSTRUMENTOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prova escrita</li> <li>- Trabalho escrito</li> <li>- Lista de exercícios</li> </ul>	<b>INSTRUMENTOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prova escrita</li> <li>- Trabalho escrito</li> <li>- Lista de exercícios</li> </ul>

REFERÊNCIAS:

CONTEÚDO E ESTRUTURANTE	CONTEÚDOS BÁSICOS	CONTEÚDOS ESPECÍFICOS	ENCAMINHAMENTO METODOLÓGICO	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	CRITÉRIOS DE RECUPERAÇÃO
Eletromagnetismo	Equações de Maxwell Campo e ondas eletromagnéticas Corrente elétrica Força Eletromagnética	Lei de Gauss do magnetismo Lei de Faraday	Trabalhar os conteúdos de forma que o aluno compreenda a Física como meio de resolver situações cotidianas através de: -Aulas expositivas -Resolução de exercícios individualmente e em grupos. -Estudo dirigido e individual -Resolução de exercícios complementares em casa. -Esclarecimento de dúvidas sobre exercícios complementares. -Interpretação de vídeos e músicas, a física como elemento da arte. - Execução de trabalhos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Percebe a inseparabilidade dos pólos magnéticos</li> <li>• Utiliza as Leis de Maxwell para interpretar e explicar fenômenos eletromagnéticos;</li> <li>• Entende o conceito de campo como uma entidade física fundamental para a compreensão dos fenômenos eletromagnéticos e, dotado de energia;</li> <li>• Percebe a inseparabilidade carga-campo;</li> <li>• Compreende a corrente elétrica e a força como entes físicos que aparecem associados ao campo;</li> <li>• Compreende a força como agente externo à carga e aos ímãs;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Percebe a inseparabilidade dos pólos magnéticos</li> <li>• Utiliza as Leis de Maxwell para interpretar e explicar fenômenos eletromagnéticos;</li> <li>• Entende o conceito de campo como uma entidade física fundamental para a compreensão dos fenômenos eletromagnéticos e, dotado de energia;</li> </ul>
			<b>RECURSOS</b> - Vídeo - Música - Wiki (AVA) - Laboratório de Física - Laboratório de informática	<b>INSTRUMENTOS</b> - Prova escrita - Trabalho escrito - Lista de exercícios	<b>INSTRUMENTOS</b> - Prova escrita - Trabalho escrito - Lista de exercícios

REFERÊNCIAS: